# Документация к PostgreSQL 10.11

**The PostgreSQL Global Development Group**

# Документация к PostgreSQL 10.11

The PostgreSQL Global Development Group
Перевод на русский язык, 2015-2019 гг.:
Компания «Постгрес Профессиональный»

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

Авторские права © 1996-2019 The PostgreSQL Global Development Group
Авторские права © 2015-2019 Постгрес Профессиональный

### Юридическое уведомление

PostgreSQL © 1996-2019 — PostgreSQL Global Development Group.

Postgres95 © 1994-5 — Регенты университета Калифорнии.

Настоящим разрешается использование, копирование, модификация и распространение данного программного продукта и документации для любых целей, бесплатно и без письменного разрешения, при условии сохранения во всех копиях приведённого выше уведомления об авторских правах и данного параграфа вместе с двумя последующими параграфами.

УНИВЕРСИТЕТ КАЛИФОРНИИ НИ В КОЕЙ МЕРЕ НЕ НЕСЁТ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ЗА ПРЯМОЙ, КОСВЕННЫЙ, НАМЕРЕННЫЙ, СЛУЧАЙНЫЙ ИЛИ СПРОВОЦИРОВАННЫЙ УЩЕРБ, В ТОМ ЧИСЛЕ ПОТЕРЯННЫЕ ПРИБЫЛИ, СВЯЗАННЫЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭТОГО ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА И ЕГО ДОКУМЕНТАЦИИ, ДАЖЕ ЕСЛИ УНИВЕРСИТЕТ КАЛИФОРНИИ БЫЛ УВЕДОМЛЁН О ВОЗМОЖНОСТИ ТАКОГО УЩЕРБА.

УНИВЕРСИТЕТ КАЛИФОРНИИ ЯВНЫМ ОБРАЗОМ ОТКАЗЫВАЕТСЯ ОТ ЛЮБЫХ ГАРАНТИЙ, В ЧАСТНОСТИ ПОДРАЗУМЕВАЕМЫХ ГАРАНТИЙ КОММЕРЧЕСКОЙ ВЫГОДЫ ИЛИ ПРИГОДНОСТИ ДЛЯ КАКОЙ-ЛИБО ЦЕЛИ. НАСТОЯЩИЙ ПРОГРАММНЫЙ ПРОДУКТ ПРЕДОСТАВЛЯЕТСЯ В ВИДЕ «КАК ЕСТЬ», И УНИВЕРСИТЕТ КАЛИФОРНИИ НЕ ДАЁТ НИКАКИХ ОБЯЗАТЕЛЬСТВ ПО ЕГО ОБСЛУЖИВАНИЮ, ПОДДЕРЖКЕ, ОБНОВЛЕНИЮ, УЛУЧШЕНИЮ ИЛИ МОДИФИКАЦИИ.

Предисловие ..... xxi
1. Что такое PostgreSQL? ..... xxi
2. Краткая история PostgreSQL ..... xxi
2.1. Проект POSTGRES в Беркли ..... xxii
2.2. Postgres95 ..... xxii
2.3. PostgreSQL ..... xxiii
3. Соглашения ..... xxiii
4. Полезные ресурсы ..... xxiii
5. Как правильно сообщить об ошибке ..... xxiv
5.1. Диагностика ошибок ..... xxiv
5.2. Что сообщать ..... xxiv
5.3. Куда сообщать ..... xxvi
I. Введение ..... 1
1. Начало ..... 2
1.1. Установка ..... 2
1.2. Основы архитектуры ..... 2
1.3. Создание базы данных ..... 3
1.4. Подключение к базе данных ..... 4
2. Язык SQL ..... 6
2.1. Введение ..... 6
2.2. Основные понятия ..... 6
2.3. Создание таблицы ..... 6
2.4. Добавление строк в таблицу ..... 7
2.5. Выполнение запроса ..... 8
2.6. Соединения таблиц ..... 9
2.7. Агрегатные функции ..... 11
2.8. Изменение данных ..... 13
2.9. Удаление данных ..... 13
3. Расширенные возможности ..... 14
3.1. Введение ..... 14
3.2. Представления ..... 14
3.3. Внешние ключи ..... 14
3.4. Транзакции ..... 15
3.5. Оконные функции ..... 17
3.6. Наследование ..... 19
3.7. Заключение ..... 21
II. Язык SQL ..... 22
4. Синтаксис SQL ..... 23
4.1. Лексическая структура ..... 23
4.2. Выражения значения ..... 32
4.3. Вызов функций ..... 44
5. Определение данных ..... 47
5.1. Основы таблиц ..... 47
5.2. Значения по умолчанию ..... 48
5.3. Ограничения ..... 49
5.4. Системные столбцы ..... 56
5.5. Изменение таблиц ..... 57
5.6. Права ..... 59
5.7. Политики защиты строк ..... 60
5.8. Схемы ..... 66
5.9. Наследование ..... 70
5.10. Секционирование таблиц ..... 74
5.11. Сторонние данные ..... 85
5.12. Другие объекты баз данных ..... 85
5.13. Отслеживание зависимостей ..... 86
6. Модификация данных ..... 88
6.1. Добавление данных ..... 88
6.2. Изменение данных ..... 89

6.3. Удаление данных ... 90
6.4. Возврат данных из изменённых строк ... 90
7. Запросы ... 92
7.1. Обзор ... 92
7.2. Табличные выражения ... 92
7.3. Списки выборки ... 105
7.4. Сочетание запросов ... 107
7.5. Сортировка строк ... 107
7.6. LIMIT и OFFSET ... 108
7.7. Списки VALUES ... 109
7.8. Запросы WITH (Общие табличные выражения) ... 110
8. Типы данных ... 116
8.1. Числовые типы ... 118
8.2. Денежные типы ... 122
8.3. Символьные типы ... 123
8.4. Двоичные типы данных ... 125
8.5. Типы даты/времени ... 127
8.6. Логический тип ... 136
8.7. Типы перечислений ... 137
8.8. Геометрические типы ... 139
8.9. Типы, описывающие сетевые адреса ... 141
8.10. Битовые строки ... 143
8.11. Типы, предназначенные для текстового поиска ... 144
8.12. Тип UUID ... 147
8.13. Тип XML ... 147
8.14. Типы JSON ... 149
8.15. Массивы ... 155
8.16. Составные типы ... 164
8.17. Диапазонные типы ... 169
8.18. Идентификаторы объектов ... 175
8.19. Тип pg_lsn ... 176
8.20. Псевдотипы ... 177
9. Функции и операторы ... 179
9.1. Логические операторы ... 179
9.2. Функции и операторы сравнения ... 179
9.3. Математические функции и операторы ... 182
9.4. Строковые функции и операторы ... 185
9.5. Функции и операторы двоичных строк ... 201
9.6. Функции и операторы для работы с битовыми строками ... 203
9.7. Поиск по шаблону ... 203
9.8. Функции форматирования данных ... 219
9.9. Операторы и функции даты/времени ... 226
9.10. Функции для перечислений ... 238
9.11. Геометрические функции и операторы ... 239
9.12. Функции и операторы для работы с сетевыми адресами ... 243
9.13. Функции и операторы текстового поиска ... 245
9.14. XML-функции ... 251
9.15. Функции и операторы JSON ... 263
9.16. Функции для работы с последовательностями ... 273
9.17. Условные выражения ... 275
9.18. Функции и операторы для работы с массивами ... 278
9.19. Диапазонные функции и операторы ... 281
9.20. Агрегатные функции ... 283
9.21. Оконные функции ... 291
9.22. Выражения подзапросов ... 293
9.23. Сравнение табличных строк и массивов ... 296
9.24. Функции, возвращающие множества ... 298
9.25. Системные информационные функции ... 302

9.26. Функции для системного администрирования ... 319
9.27. Триггерные функции ... 337
9.28. Функции событийных триггеров ... 337
10. Преобразование типов ... 341
10.1. Обзор ... 341
10.2. Операторы ... 342
10.3. Функции ... 346
10.4. Хранимое значение ... 350
10.5. UNION, CASE и связанные конструкции ... 350
10.6. Выходные столбцы SELECT ... 352
11. Индексы ... 353
11.1. Введение ... 353
11.2. Типы индексов ... 354
11.3. Составные индексы ... 356
11.4. Индексы и предложения ORDER BY ... 357
11.5. Объединение нескольких индексов ... 358
11.6. Уникальные индексы ... 358
11.7. Индексы по выражениям ... 359
11.8. Частичные индексы ... 359
11.9. Семейства и классы операторов ... 362
11.10. Индексы и правила сортировки ... 363
11.11. Сканирование только индекса ... 363
11.12. Контроль использования индексов ... 365
12. Полнотекстовый поиск ... 367
12.1. Введение ... 367
12.2. Таблицы и индексы ... 371
12.3. Управление текстовым поиском ... 373
12.4. Дополнительные возможности ... 378
12.5. Анализаторы ... 383
12.6. Словари ... 385
12.7. Пример конфигурации ... 394
12.8. Тестирование и отладка текстового поиска ... 395
12.9. Типы индексов GIN и GiST ... 399
12.10. Поддержка psql ... 400
12.11. Ограничения ... 402
13. Управление конкурентным доступом ... 403
13.1. Введение ... 403
13.2. Изоляция транзакций ... 403
13.3. Явные блокировки ... 409
13.4. Проверки целостности данных на уровне приложения ... 415
13.5. Ограничения ... 416
13.6. Блокировки и индексы ... 417
14. Оптимизация производительности ... 418
14.1. Использование EXPLAIN ... 418
14.2. Статистика, используемая планировщиком ... 429
14.3. Управление планировщиком с помощью явных предложений JOIN ... 432
14.4. Наполнение базы данных ... 434
14.5. Оптимизация, угрожающая стабильности ... 437
15. Параллельный запрос ... 438
15.1. Как работают параллельно выполняемые запросы ... 438
15.2. Когда может применяться распараллеливание запросов? ... 439
15.3. Параллельные планы ... 440
15.4. Безопасность распараллеливания ... 442
III. Администрирование сервера ... 444
16. Установка PostgreSQL из исходного кода ... 445
16.1. Краткий вариант ... 445
16.2. Требования ... 445

16.3. Получение исходного кода ... 447
16.4. Процедура установки ... 447
16.5. Действия после установки ... 458
16.6. Начало ... 460
16.7. Что теперь? ... 460
16.8. Поддерживаемые платформы ... 461
16.9. Замечания по отдельным платформам ... 461
17. Установка из исходного кода в Windows ... 469
17.1. Сборка с помощью Visual C++ или Microsoft Windows SDK ... 469
18. Подготовка к работе и сопровождение сервера ... 474
18.1. Учётная запись пользователя PostgreSQL ... 474
18.2. Создание кластера баз данных ... 474
18.3. Запуск сервера баз данных ... 476
18.4. Управление ресурсами ядра ... 479
18.5. Выключение сервера ... 488
18.6. Обновление кластера PostgreSQL ... 489
18.7. Защита от подмены сервера ... 492
18.8. Возможности шифрования ... 492
18.9. Защита соединений TCP/IP с применением SSL ... 493
18.10. Защита соединений TCP/IP с применением туннелей SSH ... 496
18.11. Регистрация журнала событий в Windows ... 497
19. Настройка сервера ... 499
19.1. Изменение параметров ... 499
19.2. Расположения файлов ... 502
19.3. Подключения и аутентификация ... 503
19.4. Потребление ресурсов ... 509
19.5. Журнал предзаписи ... 516
19.6. Репликация ... 522
19.7. Планирование запросов ... 527
19.8. Регистрация ошибок и протоколирование работы сервера ... 533
19.9. Статистика времени выполнения ... 543
19.10. Автоматическая очистка ... 544
19.11. Параметры клиентских сеансов по умолчанию ... 546
19.12. Управление блокировками ... 555
19.13. Совместимость с разными версиями и платформами ... 556
19.14. Обработка ошибок ... 558
19.15. Предопределённые параметры ... 559
19.16. Внесистемные параметры ... 560
19.17. Параметры для разработчиков ... 561
19.18. Краткие аргументы ... 564
20. Аутентификация клиентского приложения ... 565
20.1. Файл `pg_hba.conf` ... 565
20.2. Файл сопоставления имён пользователей ... 572
20.3. Методы аутентификации ... 573
20.4. Проблемы аутентификации ... 582
21. Роли базы данных ... 584
21.1. Роли базы данных ... 584
21.2. Атрибуты ролей ... 585
21.3. Членство в роли ... 586
21.4. Удаление ролей ... 587
21.5. Предопределённые роли ... 588
21.6. Безопасность функций ... 589
22. Управление базами данных ... 590
22.1. Обзор ... 590
22.2. Создание базы данных ... 590
22.3. Шаблоны баз данных ... 591
22.4. Конфигурирование баз данных ... 592
22.5. Удаление базы данных ... 592

22.6. Табличные пространства ... 593
23. Локализация ... 596
23.1. Поддержка языковых стандартов ... 596
23.2. Поддержка правил сортировки ... 598
23.3. Поддержка кодировок ... 604
24. Регламентные задачи обслуживания базы данных ... 611
24.1. Регламентная очистка ... 611
24.2. Регулярная переиндексация ... 619
24.3. Обслуживание журнала ... 620
25. Резервное копирование и восстановление ... 622
25.1. Выгрузка в SQL ... 622
25.2. Резервное копирование на уровне файлов ... 625
25.3. Непрерывное архивирование и восстановление на момент времени (Point-in-Time Recovery, PITR) ... 626
26. Отказоустойчивость, балансировка нагрузки и репликация ... 639
26.1. Сравнение различных решений ... 639
26.2. Трансляция журналов на резервные серверы ... 643
26.3. Отработка отказа ... 652
26.4. Другие методы трансляции журнала ... 653
26.5. Горячий резерв ... 655
27. Конфигурация восстановления ... 663
27.1. Параметры восстановления из архива ... 663
27.2. Параметры управления восстановлением ... 664
27.3. Параметры резервного сервера ... 665
28. Мониторинг работы СУБД ... 667
28.1. Стандартные инструменты Unix ... 667
28.2. Сборщик статистики ... 668
28.3. Просмотр информации о блокировках ... 703
28.4. Отслеживание выполнения ... 703
28.5. Динамическая трассировка ... 705
29. Мониторинг использования диска ... 716
29.1. Определение использования диска ... 716
29.2. Ошибка переполнения диска ... 717
30. Надёжность и журнал предзаписи ... 718
30.1. Надёжность ... 718
30.2. Журнал предзаписи (WAL) ... 720
30.3. Асинхронное подтверждение транзакций ... 721
30.4. Настройка WAL ... 722
30.5. Внутреннее устройство WAL ... 725
31. Логическая репликация ... 727
31.1. Публикация ... 727
31.2. Подписка ... 728
31.3. Конфликты ... 729
31.4. Ограничения ... 730
31.5. Архитектура ... 730
31.6. Мониторинг ... 731
31.7. Безопасность ... 731
31.8. Параметры конфигурации ... 731
31.9. Быстрая настройка ... 732
32. Регрессионные тесты ... 733
32.1. Выполнение тестов ... 733
32.2. Оценка результатов тестирования ... 736
32.3. Вариативные сравнительные файлы ... 738
32.4. Тесты TAP ... 739
32.5. Проверка покрытия теста ... 739
IV. Клиентские интерфейсы ... 741
33. libpq — библиотека для языка C ... 742
33.1. Функции управления подключением к базе данных ... 742

33.2. Функции, описывающие текущее состояние подключения ... 755
33.3. Функции для исполнения команд ... 760
33.4. Асинхронная обработка команд ... 776
33.5. Построчное извлечение результатов запроса ... 780
33.6. Отмена запросов в процессе выполнения ... 781
33.7. Интерфейс быстрого пути ... 782
33.8. Асинхронное уведомление ... 783
33.9. Функции, связанные с командой COPY ... 784
33.10. Функции управления ... 788
33.11. Функции разного назначения ... 790
33.12. Обработка замечаний ... 793
33.13. Система событий ... 794
33.14. Переменные окружения ... 800
33.15. Файл паролей ... 801
33.16. Файл соединений служб ... 802
33.17. Получение параметров соединения через LDAP ... 802
33.18. Поддержка SSL ... 803
33.19. Поведение в многопоточных программах ... 807
33.20. Сборка программ с libpq ... 808
33.21. Примеры программ ... 809
34. Большие объекты ... 819
34.1. Введение ... 819
34.2. Особенности реализации ... 819
34.3. Клиентские интерфейсы ... 819
34.4. Серверные функции ... 823
34.5. Пример программы ... 824
35. ECPG — встраиваемый SQL в C ... 830
35.1. Концепция ... 830
35.2. Управление подключениями к базе данных ... 830
35.3. Запуск команд SQL ... 833
35.4. Использование переменных среды ... 835
35.5. Динамический SQL ... 848
35.6. Библиотека pgtypes ... 850
35.7. Использование областей дескрипторов ... 862
35.8. Обработка ошибок ... 874
35.9. Директивы препроцессора ... 880
35.10. Компиляция программ со встраиваемым SQL ... 882
35.11. Библиотечные функции ... 883
35.12. Большие объекты ... 884
35.13. Приложения на C++ ... 885
35.14. Команды встраиваемого SQL ... 889
35.15. Режим совместимости с Informix ... 910
35.16. Внутреннее устройство ... 923
36. Информационная схема ... 926
36.1. Схема ... 926
36.2. Типы данных ... 926
36.3. information_schema_catalog_name ... 927
36.4. administrable_role_authorizations ... 927
36.5. applicable_roles ... 927
36.6. attributes ... 928
36.7. character_sets ... 931
36.8. check_constraint_routine_usage ... 932
36.9. check_constraints ... 933
36.10. collations ... 933
36.11. collation_character_set_applicability ... 933
36.12. column_domain_usage ... 934
36.13. column_options ... 934

36.14. column_privileges ... 934
36.15. column_udt_usage ... 935
36.16. columns ... 935
36.17. constraint_column_usage ... 940
36.18. constraint_table_usage ... 941
36.19. data_type_privileges ... 941
36.20. domain_constraints ... 942
36.21. domain_udt_usage ... 943
36.22. domains ... 943
36.23. element_types ... 946
36.24. enabled_roles ... 948
36.25. foreign_data_wrapper_options ... 949
36.26. foreign_data_wrappers ... 949
36.27. foreign_server_options ... 949
36.28. foreign_servers ... 950
36.29. foreign_table_options ... 950
36.30. foreign_tables ... 951
36.31. key_column_usage ... 951
36.32. parameters ... 952
36.33. referential_constraints ... 954
36.34. role_column_grants ... 955
36.35. role_routine_grants ... 955
36.36. role_table_grants ... 956
36.37. role_udt_grants ... 957
36.38. role_usage_grants ... 957
36.39. routine_privileges ... 958
36.40. routines ... 959
36.41. schemata ... 964
36.42. sequences ... 965
36.43. sql_features ... 966
36.44. sql_implementation_info ... 967
36.45. sql_languages ... 967
36.46. sql_packages ... 968
36.47. sql_parts ... 968
36.48. sql_sizing ... 969
36.49. sql_sizing_profiles ... 969
36.50. table_constraints ... 970
36.51. table_privileges ... 970
36.52. tables ... 971
36.53. transforms ... 972
36.54. triggered_update_columns ... 973
36.55. triggers ... 973
36.56. udt_privileges ... 975
36.57. usage_privileges ... 975
36.58. user_defined_types ... 976
36.59. user_mapping_options ... 978
36.60. user_mappings ... 978
36.61. view_column_usage ... 979
36.62. view_routine_usage ... 979
36.63. view_table_usage ... 980
36.64. views ... 980
V. Серверное программирование ... 982
37. Расширение SQL ... 983
37.1. Как реализована расширяемость ... 983
37.2. Система типов PostgreSQL ... 983
37.3. Пользовательские функции ... 985

37.4. Функции на языке запросов (SQL) ... 985
37.5. Перегрузка функций ... 999
37.6. Категории изменчивости функций ... 1000
37.7. Функции на процедурных языках ... 1002
37.8. Внутренние функции ... 1002
37.9. Функции на языке C ... 1002
37.10. Пользовательские агрегатные функции ... 1023
37.11. Пользовательские типы ... 1030
37.12. Пользовательские операторы ... 1034
37.13. Информация для оптимизации операторов ... 1035
37.14. Интерфейсы расширений для индексов ... 1039
37.15. Упаковывание связанных объектов в расширение ... 1051
37.16. Инфраструктура сборки расширений ... 1059
38. Триггеры ... 1062
38.1. Обзор механизма работы триггеров ... 1062
38.2. Видимость изменений в данных ... 1065
38.3. Триггерные функции на языке C ... 1065
38.4. Полный пример триггера ... 1068
39. Триггеры событий ... 1071
39.1. Обзор механизма работы триггеров событий ... 1071
39.2. Матрица срабатывания триггеров событий ... 1072
39.3. Триггерные функции событий на языке C ... 1076
39.4. Полный пример триггера события ... 1077
39.5. Пример событийного триггера, обрабатывающего перезапись таблицы ... 1078
40. Система правил ... 1080
40.1. Дерево запроса ... 1080
40.2. Система правил и представления ... 1082
40.3. Материализованные представления ... 1088
40.4. Правила для INSERT, UPDATE и DELETE ... 1091
40.5. Правила и права ... 1101
40.6. Правила и статус команд ... 1103
40.7. Сравнение правил и триггеров ... 1103
41. Процедурные языки ... 1106
41.1. Установка процедурных языков ... 1106
42. PL/pgSQL — процедурный язык SQL ... 1109
42.1. Обзор ... 1109
42.2. Структура PL/pgSQL ... 1110
42.3. Объявления ... 1112
42.4. Выражения ... 1117
42.5. Основные операторы ... 1117
42.6. Управляющие структуры ... 1125
42.7. Курсоры ... 1138
42.8. Сообщения и ошибки ... 1143
42.9. Триггерные процедуры ... 1145
42.10. PL/pgSQL изнутри ... 1153
42.11. Советы по разработке на PL/pgSQL ... 1157
42.12. Портирование из Oracle PL/SQL ... 1159
43. PL/Tcl — процедурный язык Tcl ... 1168
43.1. Обзор ... 1168
43.2. Функции на PL/Tcl и их аргументы ... 1168
43.3. Значения данных в PL/Tcl ... 1170
43.4. Глобальные данные в PL/Tcl ... 1170
43.5. Обращение к базе данных из PL/Tcl ... 1171
43.6. Процедуры триггеров на PL/Tcl ... 1173
43.7. Процедуры событийных триггеров в PL/Tcl ... 1175
43.8. Обработка ошибок в PL/Tcl ... 1175
43.9. Явные подтранзакции в PL/Tcl ... 1176
43.10. Конфигурация PL/Tcl ... 1177

43.11. Имена процедур Tcl ... 1177
44. PL/Perl — процедурный язык Perl ... 1178
44.1. Функции на PL/Perl и их аргументы ... 1178
44.2. Значения в PL/Perl ... 1182
44.3. Встроенные функции ... 1182
44.4. Глобальные значения в PL/Perl ... 1186
44.5. Доверенный и недоверенный PL/Perl ... 1187
44.6. Триггеры на PL/Perl ... 1188
44.7. Событийные триггеры на PL/Perl ... 1190
44.8. Внутренние особенности PL/Perl ... 1190
45. PL/Python — процедурный язык Python ... 1192
45.1. Python 2 и Python 3 ... 1192
45.2. Функции на PL/Python ... 1193
45.3. Значения данных ... 1194
45.4. Совместное использование данных ... 1199
45.5. Анонимные блоки кода ... 1199
45.6. Триггерные функции ... 1199
45.7. Обращение к базе данных ... 1200
45.8. Явные подтранзакции ... 1204
45.9. Вспомогательные функции ... 1205
45.10. Переменные окружения ... 1206
46. Интерфейс программирования сервера ... 1208
46.1. Интерфейсные функции ... 1208
46.2. Вспомогательные интерфейсные функции ... 1241
46.3. Управление памятью ... 1249
46.4. Видимость изменений в данных ... 1259
46.5. Примеры ... 1259
47. Фоновые рабочие процессы ... 1263
48. Логическое декодирование ... 1266
48.1. Примеры логического декодирования ... 1266
48.2. Концепции логического декодирования ... 1268
48.3. Интерфейс протокола потоковой репликации ... 1269
48.4. Интерфейс логического декодирования на уровне SQL ... 1270
48.5. Системные каталоги, связанные с логическим декодированием ... 1270
48.6. Модули вывода логического декодирования ... 1270
48.7. Запись вывода логического декодирования ... 1273
48.8. Поддержка синхронной репликации для логического декодирования ... 1273
49. Отслеживание прогресса репликации ... 1275
VI. Справочное руководство ... 1276
I. Команды SQL ... 1277
ABORT ... 1278
ALTER AGGREGATE ... 1279
ALTER COLLATION ... 1281
ALTER CONVERSION ... 1283
ALTER DATABASE ... 1284
ALTER DEFAULT PRIVILEGES ... 1286
ALTER DOMAIN ... 1289
ALTER EVENT TRIGGER ... 1292
ALTER EXTENSION ... 1293
ALTER FOREIGN DATA WRAPPER ... 1296
ALTER FOREIGN TABLE ... 1298
ALTER FUNCTION ... 1303
ALTER GROUP ... 1306
ALTER INDEX ... 1307
ALTER LANGUAGE ... 1309
ALTER LARGE OBJECT ... 1310
ALTER MATERIALIZED VIEW ... 1311
ALTER OPERATOR ... 1313

ALTER OPERATOR CLASS ..... 1315
ALTER OPERATOR FAMILY ..... 1316
ALTER POLICY ..... 1320
ALTER PUBLICATION ..... 1321
ALTER ROLE ..... 1323
ALTER RULE ..... 1326
ALTER SCHEMA ..... 1327
ALTER SEQUENCE ..... 1328
ALTER SERVER ..... 1331
ALTER STATISTICS ..... 1333
ALTER SUBSCRIPTION ..... 1334
ALTER SYSTEM ..... 1336
ALTER TABLE ..... 1338
ALTER TABLESPACE ..... 1352
ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION ..... 1353
ALTER TEXT SEARCH DICTIONARY ..... 1355
ALTER TEXT SEARCH PARSER ..... 1357
ALTER TEXT SEARCH TEMPLATE ..... 1358
ALTER TRIGGER ..... 1359
ALTER TYPE ..... 1360
ALTER USER ..... 1363
ALTER USER MAPPING ..... 1364
ALTER VIEW ..... 1365
ANALYZE ..... 1367
BEGIN ..... 1370
CHECKPOINT ..... 1372
CLOSE ..... 1373
CLUSTER ..... 1374
COMMENT ..... 1376
COMMIT ..... 1380
COMMIT PREPARED ..... 1381
COPY ..... 1382
CREATE ACCESS METHOD ..... 1392
CREATE AGGREGATE ..... 1393
CREATE CAST ..... 1400
CREATE COLLATION ..... 1404
CREATE CONVERSION ..... 1406
CREATE DATABASE ..... 1408
CREATE DOMAIN ..... 1411
CREATE EVENT TRIGGER ..... 1414
CREATE EXTENSION ..... 1416
CREATE FOREIGN DATA WRAPPER ..... 1418
CREATE FOREIGN TABLE ..... 1420
CREATE FUNCTION ..... 1424
CREATE GROUP ..... 1432
CREATE INDEX ..... 1433
CREATE LANGUAGE ..... 1439
CREATE MATERIALIZED VIEW ..... 1442
CREATE OPERATOR ..... 1444
CREATE OPERATOR CLASS ..... 1447
CREATE OPERATOR FAMILY ..... 1450
CREATE POLICY ..... 1451
CREATE PUBLICATION ..... 1457
CREATE ROLE ..... 1459
CREATE RULE ..... 1464
CREATE SCHEMA ..... 1467
CREATE SEQUENCE ..... 1469
CREATE SERVER ..... 1473

CREATE STATISTICS ..... 1475
CREATE SUBSCRIPTION ..... 1477
CREATE TABLE ..... 1480
CREATE TABLE AS ..... 1499
CREATE TABLESPACE ..... 1502
CREATE TEXT SEARCH CONFIGURATION ..... 1504
CREATE TEXT SEARCH DICTIONARY ..... 1505
CREATE TEXT SEARCH PARSER ..... 1507
CREATE TEXT SEARCH TEMPLATE ..... 1509
CREATE TRANSFORM ..... 1510
CREATE TRIGGER ..... 1512
CREATE TYPE ..... 1519
CREATE USER ..... 1528
CREATE USER MAPPING ..... 1529
CREATE VIEW ..... 1530
DEALLOCATE ..... 1535
DECLARE ..... 1536
DELETE ..... 1540
DISCARD ..... 1543
DO ..... 1544
DROP ACCESS METHOD ..... 1545
DROP AGGREGATE ..... 1546
DROP CAST ..... 1548
DROP COLLATION ..... 1549
DROP CONVERSION ..... 1550
DROP DATABASE ..... 1551
DROP DOMAIN ..... 1552
DROP EVENT TRIGGER ..... 1553
DROP EXTENSION ..... 1554
DROP FOREIGN DATA WRAPPER ..... 1555
DROP FOREIGN TABLE ..... 1556
DROP FUNCTION ..... 1557
DROP GROUP ..... 1559
DROP INDEX ..... 1560
DROP LANGUAGE ..... 1561
DROP MATERIALIZED VIEW ..... 1562
DROP OPERATOR ..... 1563
DROP OPERATOR CLASS ..... 1565
DROP OPERATOR FAMILY ..... 1567
DROP OWNED ..... 1568
DROP POLICY ..... 1569
DROP PUBLICATION ..... 1570
DROP ROLE ..... 1571
DROP RULE ..... 1572
DROP SCHEMA ..... 1573
DROP SEQUENCE ..... 1574
DROP SERVER ..... 1575
DROP STATISTICS ..... 1576
DROP SUBSCRIPTION ..... 1577
DROP TABLE ..... 1578
DROP TABLESPACE ..... 1579
DROP TEXT SEARCH CONFIGURATION ..... 1580
DROP TEXT SEARCH DICTIONARY ..... 1581
DROP TEXT SEARCH PARSER ..... 1582
DROP TEXT SEARCH TEMPLATE ..... 1583
DROP TRANSFORM ..... 1584
DROP TRIGGER ..... 1585
DROP TYPE ..... 1586

DROP USER ... 1587
DROP USER MAPPING ... 1588
DROP VIEW ... 1589
END ... 1590
EXECUTE ... 1591
EXPLAIN ... 1592
FETCH ... 1597
GRANT ... 1601
IMPORT FOREIGN SCHEMA ... 1608
INSERT ... 1610
LISTEN ... 1617
LOAD ... 1619
LOCK ... 1620
MOVE ... 1623
NOTIFY ... 1625
PREPARE ... 1628
PREPARE TRANSACTION ... 1631
REASSIGN OWNED ... 1633
REFRESH MATERIALIZED VIEW ... 1634
REINDEX ... 1636
RELEASE SAVEPOINT ... 1639
RESET ... 1640
REVOKE ... 1641
ROLLBACK ... 1645
ROLLBACK PREPARED ... 1646
ROLLBACK TO SAVEPOINT ... 1647
SAVEPOINT ... 1649
SECURITY LABEL ... 1651
SELECT ... 1653
SELECT INTO ... 1673
SET ... 1675
SET CONSTRAINTS ... 1678
SET ROLE ... 1680
SET SESSION AUTHORIZATION ... 1682
SET TRANSACTION ... 1684
SHOW ... 1687
START TRANSACTION ... 1689
TRUNCATE ... 1690
UNLISTEN ... 1692
UPDATE ... 1693
VACUUM ... 1697
VALUES ... 1700
II. Клиентские приложения PostgreSQL ... 1703
clusterdb ... 1704
createdb ... 1707
createuser ... 1710
dropdb ... 1714
dropuser ... 1716
ecpg ... 1718
pg_basebackup ... 1720
pgbench ... 1727
pg_config ... 1740
pg_dump ... 1743
pg_dumpall ... 1755
pg_isready ... 1761
pg_receivewal ... 1763
pg_recvlogical ... 1767
pg_restore ... 1771

psql ... 1780
reindexdb ... 1818
vacuumdb ... 1821
III. Серверные приложения PostgreSQL ... 1825
initdb ... 1826
pg_archivecleanup ... 1830
pg_controldata ... 1832
pg_ctl ... 1833
pg_resetwal ... 1838
pg_rewind ... 1841
pg_test_fsync ... 1844
pg_test_timing ... 1845
pg_upgrade ... 1849
pg_waldump ... 1856
postgres ... 1858
postmaster ... 1865
VII. Внутреннее устройство ... 1866
50. Обзор внутреннего устройства PostgreSQL ... 1867
50.1. Путь запроса ... 1867
50.2. Как устанавливаются соединения ... 1867
50.3. Этап разбора ... 1868
50.4. Система правил PostgreSQL ... 1869
50.5. Планировщик/оптимизатор ... 1869
50.6. Исполнитель ... 1871
51. Системные каталоги ... 1872
51.1. Обзор ... 1872
51.2. pg_aggregate ... 1874
51.3. pg_am ... 1876
51.4. pg_amop ... 1877
51.5. pg_amproc ... 1878
51.6. pg_attrdef ... 1878
51.7. pg_attribute ... 1879
51.8. pg_authid ... 1882
51.9. pg_auth_members ... 1883
51.10. pg_cast ... 1884
51.11. pg_class ... 1885
51.12. pg_collation ... 1890
51.13. pg_constraint ... 1891
51.14. pg_conversion ... 1894
51.15. pg_database ... 1894
51.16. pg_db_role_setting ... 1896
51.17. pg_default_acl ... 1897
51.18. pg_depend ... 1898
51.19. pg_description ... 1899
51.20. pg_enum ... 1900
51.21. pg_event_trigger ... 1900
51.22. pg_extension ... 1901
51.23. pg_foreign_data_wrapper ... 1902
51.24. pg_foreign_server ... 1903
51.25. pg_foreign_table ... 1903
51.26. pg_index ... 1904
51.27. pg_inherits ... 1906
51.28. pg_init_privs ... 1907
51.29. pg_language ... 1907
51.30. pg_largeobject ... 1909
51.31. pg_largeobject_metadata ... 1909
51.32. pg_namespace ... 1910

51.33. pg_opclass ..... 1910
51.34. pg_operator ..... 1911
51.35. pg_opfamily ..... 1912
51.36. pg_partitioned_table ..... 1912
51.37. pg_pltemplate ..... 1914
51.38. pg_policy ..... 1914
51.39. pg_proc ..... 1915
51.40. pg_publication ..... 1920
51.41. pg_publication_rel ..... 1921
51.42. pg_range ..... 1921
51.43. pg_replication_origin ..... 1922
51.44. pg_rewrite ..... 1922
51.45. pg_seclabel ..... 1923
51.46. pg_sequence ..... 1923
51.47. pg_shdepend ..... 1924
51.48. pg_shdescription ..... 1925
51.49. pg_shseclabel ..... 1926
51.50. pg_statistic ..... 1926
51.51. pg_statistic_ext ..... 1928
51.52. pg_subscription ..... 1929
51.53. pg_subscription_rel ..... 1930
51.54. pg_tablespace ..... 1930
51.55. pg_transform ..... 1931
51.56. pg_trigger ..... 1932
51.57. pg_ts_config ..... 1934
51.58. pg_ts_config_map ..... 1934
51.59. pg_ts_dict ..... 1935
51.60. pg_ts_parser ..... 1935
51.61. pg_ts_template ..... 1936
51.62. pg_type ..... 1936
51.63. pg_user_mapping ..... 1944
51.64. Системные представления ..... 1944
51.65. pg_available_extensions ..... 1945
51.66. pg_available_extension_versions ..... 1946
51.67. pg_config ..... 1946
51.68. pg_cursors ..... 1946
51.69. pg_file_settings ..... 1947
51.70. pg_group ..... 1948
51.71. pg_hba_file_rules ..... 1948
51.72. pg_indexes ..... 1949
51.73. pg_locks ..... 1950
51.74. pg_matviews ..... 1953
51.75. pg_policies ..... 1954
51.76. pg_prepared_statements ..... 1955
51.77. pg_prepared_xacts ..... 1955
51.78. pg_publication_tables ..... 1956
51.79. pg_replication_origin_status ..... 1956
51.80. pg_replication_slots ..... 1957
51.81. pg_roles ..... 1958
51.82. pg_rules ..... 1960
51.83. pg_seclabels ..... 1960
51.84. pg_sequences ..... 1961
51.85. pg_settings ..... 1962
51.86. pg_shadow ..... 1964
51.87. pg_stats ..... 1965
51.88. pg_tables ..... 1967

51.89. pg_timezone_abbrevs ... 1968
51.90. pg_timezone_names ... 1968
51.91. pg_user ... 1969
51.92. pg_user_mappings ... 1969
51.93. pg_views ... 1970
52. Клиент-серверный протокол ... 1971
52.1. Обзор ... 1971
52.2. Поток сообщений ... 1973
52.3. Аутентификация SASL ... 1984
52.4. Протокол потоковой репликации ... 1985
52.5. Протокол логической потоковой репликации ... 1992
52.6. Типы данных в сообщениях ... 1992
52.7. Форматы сообщений ... 1993
52.8. Поля сообщений с ошибками и замечаниями ... 2009
52.9. Форматы сообщений логической репликации ... 2010
52.10. Сводка изменений по сравнению с протоколом версии 2.0 ... 2014
53. Соглашения по оформлению кода PostgreSQL ... 2016
53.1. Форматирование ... 2016
53.2. Вывод сообщений об ошибках в коде сервера ... 2016
53.3. Руководство по стилю сообщений об ошибках ... 2019
53.4. Различные соглашения по оформлению кода ... 2023
54. Языковая поддержка ... 2025
54.1. Переводчику ... 2025
54.2. Программисту ... 2027
55. Написание обработчика процедурного языка ... 2030
56. Написание обёртки сторонних данных ... 2033
56.1. Функции обёрток сторонних данных ... 2033
56.2. Подпрограммы обёртки сторонних данных ... 2033
56.3. Вспомогательные функции для обёрток сторонних данных ... 2046
56.4. Планирование запросов с обёртками сторонних данных ... 2047
56.5. Блокировка строк в обёртках сторонних данных ... 2049
57. Написание метода извлечения выборки таблицы ... 2051
57.1. Опорные функции метода извлечения выборки ... 2051
58. Написание провайдера нестандартного сканирования ... 2054
58.1. Создание нестандартных путей сканирования ... 2054
58.2. Создание нестандартных планов сканирования ... 2055
58.3. Выполнение нестандартного сканирования ... 2056
59. Генетический оптимизатор запросов ... 2059
59.1. Обработка запроса как сложная задача оптимизации ... 2059
59.2. Генетические алгоритмы ... 2059
59.3. Генетическая оптимизация запросов (GEQO) в PostgreSQL ... 2060
59.4. Дополнительные источники информации ... 2061
60. Определение интерфейса для индексных методов доступа ... 2063
60.1. Базовая структура API для индексов ... 2063
60.2. Функции для индексных методов доступа ... 2065
60.3. Сканирование индекса ... 2071
60.4. Замечания о блокировке с индексами ... 2072
60.5. Проверки уникальности в индексе ... 2073
60.6. Функции оценки стоимости индекса ... 2075
61. Унифицированные записи WAL ... 2078
62. Индексы GiST ... 2080
62.1. Введение ... 2080
62.2. Встроенные классы операторов ... 2080
62.3. Расширяемость ... 2080
62.4. Реализация ... 2089
62.5. Примеры ... 2089
63. Индексы SP-GiST ... 2091

63.1. Введение ... 2091
63.2. Встроенные классы операторов ... 2091
63.3. Расширяемость ... 2091
63.4. Реализация ... 2099
63.5. Примеры ... 2100
64. Индексы GIN ... 2101
64.1. Введение ... 2101
64.2. Встроенные классы операторов ... 2101
64.3. Расширяемость ... 2101
64.4. Реализация ... 2104
64.5. Приёмы и советы по применению GIN ... 2105
64.6. Ограничения ... 2106
64.7. Примеры ... 2106
65. Индексы BRIN ... 2107
65.1. Введение ... 2107
65.2. Встроенные классы операторов ... 2108
65.3. Расширяемость ... 2109
66. Физическое хранение базы данных ... 2112
66.1. Размещение файлов базы данных ... 2112
66.2. TOAST ... 2114
66.3. Карта свободного пространства ... 2117
66.4. Карта видимости ... 2118
66.5. Слой инициализации ... 2118
66.6. Компоновка страницы базы данных ... 2118
67. Внутренний интерфейс BKI ... 2122
67.1. Формат файла BKI ... 2122
67.2. Команды BKI ... 2122
67.3. Структура файла BKI ... 2123
67.4. Пример ... 2124
68. Как планировщик использует статистику ... 2125
68.1. Примеры оценки количества строк ... 2125
68.2. Примеры многовариантной статистики ... 2130
68.3. Статистика планировщика и безопасность ... 2131
VIII. Приложения ... 2133
A. Коды ошибок PostgreSQL ... 2134
B. Поддержка даты и времени ... 2142
B.1. Интерпретация данных даты и времени ... 2142
B.2. Обработка недопустимых или неоднозначных значений даты/времени ... 2143
B.3. Ключевые слова для обозначения даты и времени ... 2144
B.4. Файлы конфигурации даты/времени ... 2145
B.5. История единиц измерения времени ... 2146
C. Ключевые слова SQL ... 2148
D. Соответствие стандарту SQL ... 2179
D.1. Поддерживаемые возможности ... 2180
D.2. Неподдерживаемые возможности ... 2198
D.3. Ограничения XML и совместимость с SQL/XML ... 2211
E. Замечания к выпускам ... 2215
E.1. Выпуск 10.11 ... 2215
E.2. Выпуск 10.10 ... 2220
E.3. Выпуск 10.9 ... 2223
E.4. Выпуск 10.8 ... 2225
E.5. Выпуск 10.7 ... 2229
E.6. Выпуск 10.6 ... 2234
E.7. Выпуск 10.5 ... 2239
E.8. Выпуск 10.4 ... 2244
E.9. Выпуск 10.3 ... 2249
E.10. Выпуск 10.2 ... 2251
E.11. Выпуск 10.1 ... 2256

E.12. Выпуск 10 ... 2260
E.13. Предыдущие выпуски ... 2281
F. Дополнительно поставляемые модули ... 2282
F.1. adminpack ... 2283
F.2. amcheck ... 2284
F.3. auth_delay ... 2286
F.4. auto_explain ... 2287
F.5. bloom ... 2289
F.6. btree_gin ... 2292
F.7. btree_gist ... 2293
F.8. chkpass ... 2294
F.9. citext ... 2295
F.10. cube ... 2297
F.11. dblink ... 2302
F.12. dict_int ... 2331
F.13. dict_xsyn ... 2331
F.14. earthdistance ... 2333
F.15. file_fdw ... 2334
F.16. fuzzystrmatch ... 2337
F.17. hstore ... 2339
F.18. intagg ... 2345
F.19. intarray ... 2346
F.20. isn ... 2349
F.21. lo ... 2352
F.22. ltree ... 2353
F.23. pageinspect ... 2360
F.24. passwordcheck ... 2366
F.25. pg_buffercache ... 2366
F.26. pgcrypto ... 2368
F.27. pg_freespacemap ... 2378
F.28. pg_prewarm ... 2379
F.29. pgrowlocks ... 2380
F.30. pg_stat_statements ... 2381
F.31. pgstattuple ... 2386
F.32. pg_trgm ... 2391
F.33. pg_visibility ... 2395
F.34. postgres_fdw ... 2396
F.35. seg ... 2402
F.36. sepgsql ... 2405
F.37. spi ... 2413
F.38. sslinfo ... 2415
F.39. tablefunc ... 2417
F.40. tcn ... 2426
F.41. test_decoding ... 2427
F.42. tsm_system_rows ... 2427
F.43. tsm_system_time ... 2428
F.44. unaccent ... 2429
F.45. uuid-ossp ... 2430
F.46. xml2 ... 2432
G. Дополнительно поставляемые программы ... 2437
G.1. Клиентские приложения ... 2437
G.2. Серверные приложения ... 2443
H. Внешние проекты ... 2448
H.1. Клиентские интерфейсы ... 2448
H.2. Средства администрирования ... 2448
H.3. Процедурные языки ... 2448
H.4. Расширения ... 2449
I. Репозиторий исходного кода ... 2450

I.1. Получение исходного кода из Git ..... 2450
J. Документация ..... 2451
J.1. DocBook ..... 2451
J.2. Инструментарий ..... 2451
J.3. Сборка документации ..... 2454
J.4. Написание документации ..... 2455
J.5. Руководство по стилю ..... 2456
K. Сокращения ..... 2459
Библиография ..... 2464
Предметный указатель ..... 2466

# 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 двух 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*.

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.

Многие продолжают называть PostgreSQL именем «Postgres» (теперь уже редко заглавными буквами) по традиции или для простоты. Это название закрепилось как псевдоним или неформальное обозначение.

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. (В описании команд Tcl вместо них используются знаки вопроса (`?`), как принято в Tcl.) 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 фатальных 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 10.11, 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 (10.11)
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 10.11 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/`. (Двоичные дистрибутивы PostgreSQL могут не включать эти файлы.) 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:

```
$ cd ..../tutorial
$ 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. 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.)

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:

[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.

```
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.

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

[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`.

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 перезапустить 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 максимум минимальной дневной температуры в разрезе городов:

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

     city      | max
---------------+-----
 Hayward       |  37
 San Francisco |  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, max(temp_lo)
    FROM weather
    GROUP BY city
    HAVING max(temp_lo) < 40;

  city   | max
---------+-----
 Hayward |  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, max(temp_lo)
    FROM weather
    WHERE city LIKE 'S%'            -- 1
    GROUP BY city
    HAVING max(temp_lo) < 40;
```

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`.

# 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 city, 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 (
        city     varchar(80) primary key,
        location point
);

CREATE TABLE weather (
        city      varchar(80) references cities(city),
        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 един-

ственный 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
```

[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.

```
   4800 | 25700
   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 9.21, 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,
  altitude   int,     -- (высота в футах)
  state      char(2)
);

CREATE TABLE non_capitals (
  name       text,
```

```
  population real,
  altitude   int     -- (высота в футах)
);

CREATE VIEW cities AS
  SELECT name, population, altitude FROM capitals
    UNION
  SELECT name, population, altitude 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,
  altitude   int     -- (высота в футах)
);

CREATE TABLE capitals (
  state      char(2)
) INHERITS (cities);
```

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

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

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

Результат его выполнения:

```
   name    | altitude
-----------+----------
 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, altitude
    FROM ONLY cities
    WHERE altitude > 500;
```

```
   name    | altitude
-----------+----------
 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 5.9.

## 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.

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.

Чтобы сделать спецсимволом знак апострофа, напишите его дважды.

Unicode-формат полностью поддерживается только при использовании на сервере кодировки UTF8. Когда используются другие кодировки, допускается указание только ASCII-символов (с кодами до \007F). И в четырёх, и в шестизначной форме можно записывать суррогатные пары UTF-16 и таким образом составлять символы с кодами больше чем U+FFFF, хотя наличие шестизначной

формы технически делает это ненужным. (Суррогатные пары не сохраняются непосредственно, а объединяются в один символ, который затем кодируется в UTF-8.)

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.)

## 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 |
| `\`*o*, `\`*oo*, `\`*ooo* (*o* = 0 - 7) | восьмеричное значение байта |

| **Спецпоследовательность** | **Интерпретация** |
|---|---|
| `\x`*h*, `\x`*hh* (*h* = 0 — 9, A — F) | шестнадцатеричное значение байта |
| `\u`*xxxx*, `\U`*xxxxxxxx* (*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. Когда сервер работает с кодировкой UTF-8, вместо такой записи байт следует использовать спецпоследовательности Unicode или альтернативный синтаксис Unicode, описанный в Подразделе 4.1.2.3. (В противном случае придётся кодировать символы UTF-8 вручную и выписывать их по байтам, что очень неудобно.)

Спецпоследовательности с Unicode полностью поддерживаются только при использовании на сервере кодировки `UTF8`. Когда используются другие кодировки, допускается указание только ASCII-символов (с кодами до `\u007F`). И в четырёх, и в восьмизначной форме можно записывать суррогатные пары UTF-16 и таким образом составлять символы с кодами больше чем U+FFFF, хотя наличие восьмизначной формы технически делает это ненужным. (Когда суррогатные пары используются с серверной кодировкой `UTF8`, они сначала объединяются в один символ, который затем кодируется в UTF-8.)

> **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.

Спецпоследовательности с Unicode поддерживаются только при использовании на сервере кодировки `UTF8`. Когда используются другие кодировки, допускается указание только ASCII-символов (с кодами до `\007F`). И в четырёх, и в шестизначной форме можно записывать суррогатные пары UTF-16 и таким образом составлять символы с кодами больше чем U+FFFF, хотя наличие шестизначной формы технически делает это ненужным. (Когда суррогатные пары используются с серверной кодировкой `UTF8`, они сначала объединяются в один символ, который затем кодируется в UTF-8.)

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.

Чтобы включить спецсимвол в строку буквально, напишите его дважды.

### 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 или обратных косых черт, 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 регистро-

зависимы, 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 нуж-

ному.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.

Иногда вам потребуется добавлять скобки, когда вы комбинируете унарные и бинарные операторы. Например, выражение:

```
SELECT 5 ! - 6;
```

будет разобрано как:

```
SELECT 5 ! (- 6);
```

так как анализатор до последнего не знает, что оператор `!` определён как постфиксный, а не инфиксный (внутренний). Чтобы получить желаемый результат в этом случае, нужно написать:

```
SELECT (5 !) - 6;
```

Такова цена расширяемости.

**Таблица 4.2. Приоритет операторов (от большего к меньшему)**

| Оператор/элемент | Очерёдность | Описание |
|---|---|---|
| `.` | слева-направо | разделитель имён таблицы и столбца |
| `::` | слева-направо | приведение типов в стиле PostgreSQL |
| `[ ]` | слева-направо | выбор элемента массива |
| `+ -` | справа-налево | унарный плюс, унарный минус |
| `^` | 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 быть в явном виде.) Каждый *индекс* сам по себе является выражением, результатом которого должно быть целое число.

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 9.20. 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 9.22), 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, они не связаны с группировкой 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 ]
```

и необязательное *определение_рамки* может иметь вид:

```
{ RANGE | ROWS } начало_рамки
{ RANGE | ROWS } BETWEEN начало_рамки AND конец_рамки
```

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

```
UNBOUNDED PRECEDING
значение PRECEDING
CURRENT ROW
значение FOLLOWING
UNBOUNDED FOLLOWING
```

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. Рамку можно указать в режимах RANGE или ROWS; в любом случае она начинается с положения *начало_рамки* и заканчивается положением *конец_рамки*. Если *конец_рамки* опущен, 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 *начало_рамки*, заданное как CURRENT ROW, определяет в качестве начала первую *родственную* строку (строку, которую ORDER BY считает равной текущей), тогда как *конец_рамки*, заданный как CURRENT ROW, определяет концом рамки последнюю родственную (для ORDER BY) строку. В режиме ROWS вариант CURRENT ROW просто обозначает текущую строку.

Варианты *значение* PRECEDING и *значение* FOLLOWING допускаются только в режиме ROWS. Они указывают, что рамка начинается или заканчивается со сдвигом на заданное число строк перед или после заданной строки. Здесь *значение* должно быть целочисленным выражением, не содержащим переменные, агрегатные или оконные функции, и может быть нулевым, что будет означать выбор текущей строки.

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 в рамку включаются все строки раздела, так как все они считаются родственными текущей.

Действуют также ограничения: *начало_рамки* не может определяться как UNBOUNDED FOLLOWING, а *конец_рамки* — UNBOUNDED PRECEDING, и *конец_рамки* не может определяться раньше, чем *начало_рамки* — например, запись RANGE BETWEEN CURRENT ROW AND *значение* PRECEDING недопустима.

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 9.57, 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 9.21 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).

Неявное 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 9.22.

Например, следующий запрос находит самый населённый город 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
------------------------------------------------------------------------
 {2011,1954,1948,1952,1951,1244,1950,2005,1949,1953,2006,31,2412,2413}
(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, нуля или нескольких выражений (разделённых запятыми), определяющих значения полей, и закрывающей скобки. 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 9.23. Конструкторы строк также могут использоваться в сочетании с подзапросами, как описано в Разделе 9.22.

## 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 9.17). 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 37.6, 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 5.5.

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 9.16). 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. 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.

## 5.3.1. 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 связанные столбцы. Чтобы гарантировать, что столбец не содержит значения NULL, можно использовать ограничение NOT NULL, описанное в следующем разделе.

## 5.3.2. 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.

## 5.3.3. 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.

## 5.3.4. 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.

## 5.3.5. 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.

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.

Ограничению внешнего ключа можно назначить имя стандартным способом.

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, образующие первичный ключ или ограничение уникальности. Таким образом, для связанных столбцов всегда будет существовать индекс (определённый соответствующим первичным ключом или ограничением), а значит проверки соответствия 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.

## 5.3.6. 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.

# 5.4. 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.

`oid`

Идентификатор объекта (object ID) для строки. Этот столбец присутствует, только если таблица была создана с указанием `WITH OIDS`, или если в момент её создания была установлена переменная конфигурации default_with_oids. Этот столбец имеет тип `oid` (с тем же именем, что и сам столбец); подробнее об этом типе см. Раздел 8.18.

`tableoid`

Идентификатор объекта для таблицы, содержащей строку. Этот столбец особенно полезен для запросов, имеющих дело с иерархией наследования (см. Раздел 5.9), 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 лучше использовать OID или даже дополнительный последовательный номер.

Коды OID представляют собой 32-битные значения и выбираются из единого для всей СУБД счётчика. В больших или долгоживущих базах данных этот счётчик может пойти по кругу. Таким об-

разом, не рекомендуется рассчитывать на уникальность OID, если только вы не обеспечите её дополнительно. Если вам нужно идентифицировать строки таблицы, настоятельно рекомендуется использовать последовательности. Однако можно использовать и коды OID, при выполнении следующих условий:

- Когда для идентификации строк таблиц применяется OID, в каждой такой таблице должно создаваться ограничение уникальности для столбца OID. Когда такое ограничение уникальности (или уникальный индекс) существует, система позаботится о том, чтобы OID новой строки не совпал с уже существующими. (Конечно, это возможно, только если в таблице меньше $2^{32}$ (4 миллиардов) строк, а на практике таблицы должны быть гораздо меньше, иначе может пострадать производительность системы.)
- Никогда не следует рассчитывать, что OID будут уникальны среди всех таблиц; в качестве глобального идентификатора в рамках базы данных используйте комбинацию `tableoid` и OID строки.
- Конечно, все эти таблицы должны быть созданы с указанием `WITH OIDS`. В PostgreSQL 8.1 и новее по умолчанию подразумевается `WITHOUT OIDS`.

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.

# 5.5. 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.

## 5.5.1. 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`).

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).

> **Подсказка**
>
> Добавление столбца со значением по умолчанию приводит к изменению всех строк таблицы (в них будет сохранено новое значение). Однако если значение по умолчанию не указано, PostgreSQL может обойтись без физического изменения. Поэтому, 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.

## 5.5.2. 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 5.13.

## 5.5.3. 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.

## 5.5.4. 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;
```

(Если вы имеете дело с именем ограничения вида `$2`, не забудьте заключить его в кавычки, чтобы это был допустимый идентификатор.)

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.)

### 5.5.5. 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.

### 5.5.6. 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.

### 5.5.7. Переименование столбца

Чтобы переименовать столбец, выполните:

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

### 5.5.8. Переименование таблицы

Таблицу можно переименовать так:

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

## 5.6. 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.). Полную информацию о различных типах прав, поддерживаемых PostgreSQL, вы найдете на странице справки GRANT. Вы также увидите, как применяются эти права, в следующих разделах и главах.

Неотъемлемое право изменять или удалять объект имеет только владелец объекта.

Объекту можно назначить нового владельца с помощью команды ALTER для соответствующего типа объекта, например ALTER TABLE. 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 прав, используйте команду REVOKE:

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

Особые права владельца объекта (то есть права на выполнение DROP, GRANT, REVOKE и т. д.) всегда неявно закреплены за владельцем и их нельзя назначить или отобрать. Но владелец объекта может лишить себя обычных прав, например, разрешить всем, включая себя, только чтение таблицы.

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.

## 5.7. 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 гаран-

тированно 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 relation 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 relation 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 relation passwd
postgres=> insert into passwd (user_name) values ('xxx');
ERROR:  permission denied for relation 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 исключительной блокировке целевой таблицы 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.

# 5.8. Схемы

Кластер баз данных PostgreSQL содержит один или несколько именованных экземпляров баз. На уровне кластера создаются пользователи и группы, но данные могут относиться только к базам данных. При этом в рамках одного подключения к серверу можно обращаться к данным только одной базы данных, указанной при установлении соединения.

> **Примечание**
>
> Пользователи кластера не обязательно будут иметь доступ ко всем базам данных этого кластера. То, что пользователи создаются на уровне кластера, означает только, что в нём не может быть двух пользователей `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 некоторым смысле подобны каталогам в операционной системе, но они не могут быть вложенными.

## 5.8.1. 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 5.13.

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 5.8.6.

Схемы с именами, начинающимися с `pg_`, являются системными; пользователям не разрешено использовать такие имена.

## 5.8.2. 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 ( ... );
```

## 5.8.3. 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, исполь-

зуя *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 9.25 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.

## 5.8.4. 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.)

## 5.8.5. 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_`.

## 5.8.6. Шаблоны использования

Схемам можно найти множество применений. Хотя есть несколько шаблонов использования, легко поддерживаемых стандартной конфигурацией, только один из них достаточно безопасен, когда одни пользователи базы данных не доверяют другим:

- 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. Если затрагиваемые пользователи подключались к базе ранее, проведите аудит схемы на предмет наличия таких же имён, как в схеме `pg_catalog`. Вспомните, что путь поиска по умолчанию начинается со значения `$user`, которое разрешается в имя пользователя. Таким образом, если у всех пользователей будет отдельная схема, они по умолчанию будут обращаться к собственным схемам.
- Удалить схему public из пути поиска по умолчанию для каждого пользователя с помощью команды `ALTER ROLE` *`пользователь`* `SET search_path = "$user"`. Все сохранят возможность со-

здавать объекты в общедоступной схеме, но обращаться к ним будут только по полным именам. Хотя обращение к таблицам по полным именам вполне безопасно, вызовы функций в схеме public будут небезопасными или ненадёжными. Кроме того, пользователь, имеющий право CREATEROLE, может отменить это назначение и выполнять произвольные запросы от имени пользователей, полагающихся на этот путь. Если вы создаёте функции или расширения в схеме public или даёте пользователям право CREATEROLE, но не хотите, чтобы они стали практически суперпользователями, вам нужно использовать первый шаблон.

- Удалить схему public из пути поиска search_path в postgresql.conf. Это будет иметь такое же влияние на пользователей, что и предыдущий шаблон. В дополнение к его особенностям относительно функций и права CREATEROLE, данный шаблон подразумевает также доверие к владельцам базам данных, как к имеющим право CREATEROLE. Если вы создаёте функции или расширения в схеме public, даёте пользователям права CREATEROLE, CREATEDB или делаете их владельцами отдельных баз данных, но не хотите, чтобы они стали практически суперпользователями, вам нужно использовать первый шаблон.
- 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 при этом любой пользователь может выполнять произвольные запросы от имени любого пользователя, который не позаботится о своей защите специально. Этот шаблон подходит, только если в базе данных имеется всего один или несколько взаимно доверяющих 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.

### 5.8.7. 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.

## 5.9. 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,
    altitude        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, altitude
    FROM cities
    WHERE altitude > 500;
```

Для данных из введения (см. Раздел 2.1) он выдаст:

```
   name    | altitude
-----------+----------
 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, altitude
    FROM ONLY cities
    WHERE altitude > 500;

   name    | altitude
-----------+----------
 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, altitude
    FROM cities*
    WHERE altitude > 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.altitude
FROM cities c
WHERE c.altitude > 500;
```

этот запрос выдаст:

```
 tableoid |   name    | altitude
----------+-----------+----------
   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.altitude
FROM cities c, pg_class p
WHERE c.altitude > 500 AND c.tableoid = p.oid;
```

в результате вы получите:

```
 relname  |   name    | altitude
----------+-----------+----------
 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.altitude
FROM cities c
WHERE c.altitude > 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, altitude, 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 5.10).

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 5.13).

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 безопасности на уровне строк (см. Раздел 5.7) 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 5.11) 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.

### 5.9.1. 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 доба-

вить 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.

# 5.10. Секционирование таблиц

PostgreSQL поддерживает простое секционирование таблиц. В этом разделе описывается, как и почему бывает полезно применять секционирование при проектировании баз данных.

## 5.10.1. Обзор

Секционированием данных называется разбиение одной большой логической таблицы на несколько меньших физических секций. 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 может сыграть роль ведущих столбцов в индексах, что позволит уменьшить размер индекса и увеличит вероятность нахождения наиболее востребованных частей индексов в памяти.
- Когда в выборке или изменении данных задействована большая часть одной секции, последовательное сканирование этой секции может выполняться гораздо быстрее, чем случайный доступ по индексу к данным, разбросанным по всей таблице.
- Массовую загрузку и удаление данных можно осуществлять, добавляя и удаляя секции, если это было предусмотрено при проектировании секционированных таблиц. Операция ALTER TABLE DETACH PARTITION или удаление отдельной секции с помощью команды DROP TABLE выполняются гораздо быстрее, чем массовая обработка. Эти команды также полностью исключают накладные расходы, связанные с выполнением VACUUM после 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.

Секционирование по списку

Таблица секционируется с помощью списка, явно указывающего, какие значения ключа должны относиться к каждой секции.

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.

## 5.10.2. Декларативное секционирование

PostgreSQL предоставляет возможность указать, как разбить таблицу на части, называемые секциями. Разделённая таким способом таблица называется *секционированной таблицей*. Указание секционирования состоит из определения *метода секционирования* и списка столбцов или выражений, которые будут составлять *ключ разбиения*.

Все строки, вставляемые в секционированную таблицу, будут распределяться по *секциям* в зависимости от значения ключа разбиения. Каждая секция содержит подмножество данных, ограниченное *границами секции*. В настоящее время в качестве методов секционирования поддерживается разбиение по диапазонам и по спискам, когда каждой секции назначается диапазон ключей или список ключей, соответственно.

Сами секции могут представлять собой секционируемые таблицы, благодаря применению так называемого *вложенного секционирования*. В секциях могут быть определены свои индексы, ограничения и значения по умолчанию, отличные от других секций. Индексы должны создаваться для каждой секции независимо. Подробнее о секционированных таблицах и секциях рассказывается в описании CREATE TABLE.

Преобразовать обычную таблицу в секционированную и наоборот нельзя. Однако в секционированную таблицу можно добавить в качестве секции обычную или секционированную таблицу с данными, а также можно удалить секцию из секционированной таблицы и превратить её в отдельную таблицу; обратитесь к описанию ALTER TABLE, чтобы узнать больше о подкомандах `ATTACH PARTITION` и `DETACH PARTITION`.

За кулисами отдельные секции связываются с секционируемой таблицей средствами наследования; однако с секционированными таблицами и секциями нельзя полноценно использовать функциональность наследования, рассматриваемую в предыдущем разделе. Например, секция не может иметь никаких других родителей, кроме секционированной таблицы, к которой она присоединена, так же как обычная таблица не может наследоваться от секционированной таблицы, чтобы последняя стала её родителем. Это значит, что секционированные таблицы и секции не участвуют в наследовании наряду с обычными таблицами. Так как иерархия наследования, включающая секционированную таблицу и её секции, остаётся иерархией наследования, на неё распространяются все обычные правила наследования, описанные в Раздел 5.9 с некоторыми исключениями, а именно:

- 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.
- Использование указания `ONLY` при добавлении или удалении ограничения только в секционированной таблице поддерживается лишь когда в ней нет секций. Если секции существуют, при попытке использования `ONLY` возникнет ошибка, так как добавление или удаление ограничений только в секционированной таблице при наличии секций не поддерживается. С другой стороны, ограничения можно добавлять или удалять непосредственно в секциях, если они отсутствуют в родительской таблице. Так как секционированная таблица непосредственно не содержит данные, при попытке использовать `TRUNCATE ONLY` в секционированной таблице всегда возвращается ошибка.
- В секциях не может быть столбцов, отсутствующих в родительской таблице. Такие столбцы невозможно определить ни при создании секций командой `CREATE TABLE`, ни путём добавления в существующие секции с использованием `ALTER TABLE`. Таблицы могут быть подключены в качестве секций командой `ALTER TABLE ... ATTACH PARTITION`, только если их столбцы в точности соответствуют родительской таблице, включая столбцы `oid`.
- Ограничение `NOT NULL` для столбца в секции нельзя удалить, если это ограничение существует в родительской таблице.

Секции также могут быть сторонними таблицами (см. CREATE FOREIGN TABLE), хотя при этом действуют дополнительные ограничения по сравнению с обычными таблицами. Например, данные, вставляемые в секционированную таблицу, не перенаправляются в секцию, представляющую собой стороннюю таблицу.

### 5.10.2.1. 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 разбиения (в нашем случае `RANGE`) и список столбцов, которые будут образовывать ключ разбиения.

   ```
   CREATE TABLE measurement (
       city_id         int not null,
       logdate         date not null,
       peaktemp        int,
       unitsales       int
   ) PARTITION BY RANGE (logdate);
   ```

   При разбиении по диапазонам в качестве ключа разбиения при желании можно использовать набор из нескольких столбцов. Конечно, при этом скорее всего увеличится количество секций, и каждая из них будет меньше. И напротив, использование меньшего числа столбцов может привести к менее дробному критерию разбиения с меньшим числом секций. Запрос, обращающийся к секционированной таблице, будет сканировать меньше секций, если в условии поиска фигурируют некоторые или все эти столбцы. Например, в таблице, секционируемой по диапазонам, в качестве ключа разбиения можно выбрать столбцы `lastname` и `firstname` (в таком порядке).
2. Создайте секции. В определении каждой секции должны задаваться границы, соответствующие методу и ключу разбиения родительской таблицы. Заметьте, что указание границ, при котором множество значений новой секции пересекается со множеством значений в одной или нескольких существующих секциях, будет ошибочным. При попытке добавления в родительскую таблицу данных, которые не соответствуют ни одной из существующей секций, произойдёт ошибка; соответствующий раздел нужно добавлять вручную.

   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.

   Для таблиц-секций нет необходимости определять ограничения с условиями, задающими границы значений. Нужные ограничения секций выводятся неявно из определения границ секции, когда требуется к ним обратиться.

   ```
   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;
```

Для реализации вложенного секционирования 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, непосредственно добавляемые в `measurement_y2006m02`, с учётом соответствия ограничению секции) будут затем перенаправлены в одну из вложенных секций в зависимости от значения столбца `peaktemp`. Указанный ключ разбиения может пересекаться с ключом разбиения 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.

3. Создайте индекс по ключевому столбцу(ам), а также любые другие индексы, которые вы хотели бы иметь в каждой секции. (Индекс по ключу, строго говоря, не необходим, но в большинстве случаев он будет полезен. Если вы хотите, чтобы значения ключа были уникальны, вам следует также создать ограничения уникальности или первичного ключа для каждой секции.)

   ```
   CREATE INDEX ON measurement_y2006m02 (logdate);
   CREATE INDEX ON measurement_y2006m03 (logdate);
   ...
   CREATE INDEX ON measurement_y2007m11 (logdate);
   CREATE INDEX ON measurement_y2007m12 (logdate);
   CREATE INDEX ON measurement_y2008m01 (logdate);
   ```

4. Убедитесь в том, что параметр конфигурации constraint_exclusion 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.

### 5.10.2.2. Обслуживание секций

Обычно набор секций, образованный изначально при создании таблиц, не предполагается сохранять неизменным. Чаще наоборот, планируется удалять старые секции данных и периодически добавлять новые. 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 данные можно будет загрузить, проверить и преобразовать до того, как они появятся в секционированной таблице:

```
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' );
```

Прежде чем выполнять команду ATTACH PARTITION, рекомендуется создать ограничение CHECK в присоединяемой таблице, соответствующее ожидаемому ограничению секции. Благодаря этому система сможет не сканировать таблицу для проверки неявного ограничения секции. Без этого ограничения CHECK таблицу нужно будет просканировать и убедиться в выполнении ограничения секции, удерживая блокировку ACCESS EXCLUSIVE в родительской таблице. После выполнения команды ATTACH PARTITION это ставшее ненужным ограничение CHECK при желании можно удалить.

### 5.10.2.3. Ограничения

С секционированными таблицами связаны следующие ограничения:

- Механизм автоматического создания соответствующих индексов во всех секциях отсутствует, поэтому индексы нужно добавлять в каждую секцию отдельно. Это также означает, что невозможно создать первичный ключ, ограничение уникальности или ограничение исключения, охватывающие все секции; такие ограничения возможны только в отдельных секциях.
- Так как в секционированных таблицах первичные ключи не поддерживаются, на секционированные таблицы не могут ссылаться внешние ключи, так же как и внешние ключи в сторонних таблицах не могут ссылаться на какие-либо другие таблицы.
- Использование предложения ON CONFLICT с секционированными таблицами вызовет ошибку, так как ограничения уникальности и ограничения исключения могут создаваться только в отдельных секциях. Обеспечение уникальности (или ограничения исключения) во всей иерархии наследования не поддерживается.
- Перенести строку из одной секции в другую командой UPDATE нельзя, так как новое значение строки не будет удовлетворять неявному ограничению исходной секции.
- Триггеры уровня строк при необходимости должны определяться в отдельных секциях, а не в секционированной таблице.
- 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.

## 5.10.3. Реализация с использованием наследования

Хотя встроенные средства декларативного секционирования полезны 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:

- С секционированием действует правило, что все секции должны иметь в точности тот же набор столбцов, что и родительская таблица, но собственно наследование таблиц допускает наличие в дочерних таблицах дополнительных столбцов, отсутствующих в родителе.
- Механизм наследования таблиц поддерживает множественное наследование.
- С декларативным секционированием поддерживается только разбиение по спискам и по диапазонам, тогда как с наследованием таблиц данные можно разделять по любому критерию, выбранному пользователем. (Однако заметьте, что если исключение по ограничению не позволяет эффективно отфильтровывать секции, производительность запросов будет очень низкой.)
- Для некоторых операций с декларативным секционированием требуется более сильная блокировка, чем с использованием наследования. Например, для добавления или 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`.

### 5.10.3.1. Пример

Мы будем использовать ту же таблицу `measurement`, что и раньше. Чтобы реализовать секционирование с использованием наследования, выполните следующие действия:

1. Создайте «главную» таблицу, от которой будут наследоваться все секции. Эта таблица не будет содержать данные. Не определяйте в ней никаких ограничений, если только вы не намерены создавать идентичные во всех секциях. Также не имеет смысла определять в ней какие-либо индексы или ограничения уникальности. В нашем примере главной таблицей будет `measurement` со своим изначальным определением.
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 секции 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 таблицы-секции неперекрывающиеся ограничения, определяющие допустимые значения ключей для каждой секции.

   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 секциям. 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 секции должно относиться значение 200.

Секции лучше будет создать 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 секции создайте индекс по ключевому столбцу(ам), 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 таблице-секции. Мы можем добиться этого, добавив подходящую триггерную функцию в главную таблицу. Если данные всегда будут добавляться только в последнюю секцию, 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;
```

Создав эту функцию, мы создадим вызывающий её триггер:

```
CREATE TRIGGER insert_measurement_trigger
    BEFORE INSERT ON measurement
    FOR EACH ROW EXECUTE PROCEDURE measurement_insert_trigger();
```

Мы должны менять определение триггерной функции каждый месяц, чтобы она всегда указывала на текущую секцию. Определение самого триггера, однако, менять не требуется.

Но мы можем также сделать, чтобы сервер автоматически находил секцию, 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 секций.

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 секции, если строки чаще добавляются в эту секцию. Для простоты же мы расположили проверки триггера в том же порядке, что и в других фрагментах кода для этого примера.

Другой способ перенаправления добавляемых строк в соответствующую секцию 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 секцию, 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. Иначе запросы не будут оптимизироваться должным образом.

Как уже можно понять, для реализации сложной схемы разбиения может потребоваться DDL-код значительного объёма. В данном примере нам потребуется создавать секцию каждый месяц, так что было бы разумно написать скрипт, который бы формировал требуемый код DDL автоматически.

### 5.10.3.2. Обслуживание секций

Чтобы быстро удалить старые данные, просто удалите ставшую ненужной секцию:

```
DROP TABLE measurement_y2006m02;
```

Чтобы удалить секцию из секционированной таблицы, но сохранить к ней доступ как к самостоятельной таблице:

```
ALTER TABLE measurement_y2006m02 NO INHERIT measurement;
```

Чтобы добавить новую секцию для новых данных, создайте пустую секцию так же, как до этого создавали начальные секции:

```
CREATE TABLE measurement_y2008m02 (
    CHECK ( logdate >= DATE '2008-02-01' AND logdate < DATE '2008-03-01' )
) INHERITS (measurement);
```

Можно также создать новую таблицу вне структуры секций и сделать её полноценной секцией после того, как данные будут в неё загружены, проверены и при необходимости преобразованы.

```
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;
```

### 5.10.3.3. Ограничения

С секционированными таблицами, реализованными 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 секций и создания и/или изменения связанных объектов, чем делать это вручную.
- Показанные здесь схемы подразумевают, что ключевой столбец(ы) секции 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 таблицы-секции, но это ещё больше усложнит управление всей конструкцией.
- Если вы выполняете команды VACUUM или ANALYZE вручную, не забывайте, что их нужно запускать для каждой секции 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 секции 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.

## 5.10.4. Секционирование и исключение по ограничению

*Исключение по ограничению* — это приём оптимизации запросов, который ускоряет работу с секционированными таблицами, определёнными по вышеописанной схеме (и для декларативного секционирования, и для секционирования с использованием наследования). Например:

```
SET constraint_exclusion = on;
SELECT count(*) FROM measurement WHERE logdate >= DATE '2008-01-01';
```

Без исключения по ограничению для данного запроса пришлось бы просканировать все секции таблицы `measurement`. Если же исключение по ограничению включено, планировщик рассмотрит ограничение каждой секции с целью определить, что данная секция не может содержать строки, удовлетворяющие условию запроса `WHERE`. Если планировщик придёт к такому выводу, он исключит эту секцию из плана запроса.

Чтобы увидеть, как меняется план при изменении параметра `constraint_exclusion`, вы можете воспользоваться командой `EXPLAIN`. Типичный неоптимизированный план для такой конфигурации таблицы будет выглядеть так:

```
SET constraint_exclusion = off;
EXPLAIN SELECT count(*) FROM measurement
  WHERE logdate >= DATE '2008-01-01';

                                QUERY PLAN
-------------------------------------------------------------------------------
 Aggregate  (cost=158.66..158.68 rows=1 width=0)
   ->  Append  (cost=0.00..151.88 rows=2715 width=0)
         ->  Seq Scan on measurement  (cost=0.00..30.38 rows=543 width=0)
               Filter: (logdate >= '2008-01-01'::date)
         ->  Seq Scan on measurement_y2006m02 measurement
                     (cost=0.00..30.38 rows=543 width=0)
               Filter: (logdate >= '2008-01-01'::date)
         ->  Seq Scan on measurement_y2006m03 measurement
                     (cost=0.00..30.38 rows=543 width=0)
               Filter: (logdate >= '2008-01-01'::date)
...
         ->  Seq Scan on measurement_y2007m12 measurement
                     (cost=0.00..30.38 rows=543 width=0)
               Filter: (logdate >= '2008-01-01'::date)
         ->  Seq Scan on measurement_y2008m01 measurement
                     (cost=0.00..30.38 rows=543 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 исключение по ограничению, мы получаем значительно более эффективный план, дающий тот же результат:

```
SET constraint_exclusion = on;
EXPLAIN SELECT count(*) FROM measurement
  WHERE logdate >= DATE '2008-01-01';

                                QUERY PLAN
-------------------------------------------------------------------------------
 Aggregate  (cost=63.47..63.48 rows=1 width=0)
   ->  Append  (cost=0.00..60.75 rows=1086 width=0)
         ->  Seq Scan on measurement  (cost=0.00..30.38 rows=543 width=0)
               Filter: (logdate >= '2008-01-01'::date)
         ->  Seq Scan on measurement_y2008m01 measurement
                     (cost=0.00..30.38 rows=543 width=0)
               Filter: (logdate >= '2008-01-01'::date)
```

Заметьте, что механизм исключения по ограничению учитывает только ограничения CHECK, но не наличие индексов. Поэтому определять индексы для столбцов ключа не обязательно. Нужно ли создавать индекс для данной секции, зависит от того, какая часть секции будет обрабатываться при выполнении большинства запросов. Если это небольшая часть, индекс может быть полезен, в противном случае он не нужен.

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 секционированные таблицы. Значение on обязывает планировщик просматривать ограничения CHECK во всех запросах, даже в самых простых, где исключение по ограничению не будет иметь смысла.

Относительно исключения по ограничению, применяемого и при наследовании, и при секционировании таблиц, необходимо учитывать следующее:

- Исключение по ограничению работает только когда предложение WHERE в запросе содержит константы (или получаемые извне параметры). Например, сравнение с функцией переменной природы, такой как CURRENT_TIMESTAMP, нельзя оптимизировать, так как планировщик не знает, в какую секцию попадёт значение функции во время выполнения.
- Ограничения секций должны быть простыми, иначе планировщик не сможет вычислить, какие секции не нужно обрабатывать. Используйте простые условия на равенство при секционировании по списку или простые проверки интервала при секционировании по диапазонам, как показано в предыдущих примерах. Рекомендуется использовать в секционирующих ограничениях только сравнения столбцов разбиения с константами с использованием операторов, индексируемых в B-дереве (это применимо и к секционированным таблицам, так как в ключ разбиения могут входить только столбцы, индексируемые в B-дереве). (Это не проблема при декларативном секционировании, так как автоматически генерируемые ограничения достаточно просты для понимания планировщика.)
- При анализе для исключения по ограничению исследуются все ограничения всех секций главной таблицы, поэтому при большом количестве секций время планирования запросов может значительно увеличиться. Описанные выше подходы работают хорошо, пока количество секций не превышает примерно ста, но не пытайтесь применять их с тысячами секций.

## 5.10.5. 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. Элементы предложения WHERE, совместимые с ключом секционирования и соответствующие ему, могут применяться для устранения ненужных для выполнения запроса секций. Также при планировании секционирования следует учитывать, 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. 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, по которым равномерно распреде-

лятся клиенты, но не создавать секции по диапазонам (RANGE) 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 секций. Однако, если этой возможностью злоупотреблять, может образоваться большое количество секций, порождающее те же проблемы, что описаны в предыдущем абзаце.

Также важно учитывать издержки секционирования, которые отражаются на планировании и выполнении запросов. Планировщик запросов обычно довольно неплохо справляется с иерархиями, включающими до нескольких сотен секций. Однако по мере увеличения числа секций будет увеличиваться 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 с течением времени, особенно когда множество сеансов обращаются к 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 переразбиения 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.

## 5.11. 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.

## 5.12. 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 и операторы
- Типы данных и домены
- Триггеры и правила перезаписи

Подробнее соответствующие темы освещаются в Части V.

# 5.13. 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 5.3.5), 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 37.4.) 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 вкладываются 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* эквивалентно FROM *T1* INNER JOIN *T2* ON TRUE (см. ниже). Эта запись также эквивалентна 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 отноше-

нии, 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 9.18) 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. Для этого нужно указать, что она возвращает 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 *.

### 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 9.20.

> **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 9.56.

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 9.21 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 синтаксически равнозначные предложения `PARTITION BY` и `ORDER BY`, гарантированно обрабатывают данные за один проход. Таким образом, они увидят один порядок сортировки, даже если `ORDER BY` не определяет 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 лиш-

ние 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. Операции над множествами тоже можно вкладывать и соединять, например:

```
запрос1 UNION запрос2 UNION запрос3
```

Этот сложный запрос выполняется так:

```
(запрос1 UNION запрос2) UNION запрос3
```

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.

## 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:

[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.

```
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`.

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**
>
> Строго говоря, этот процесс является итерационным, а не рекурсивным, но комитетом по стандартам SQL был выбран термин `RECURSIVE`.

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
    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 распознавания цикла достаточного 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 по пути погружения. Чтобы получить результаты, отсортированные по глуби-

> не, 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 — 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 запрос WITH так, как он делает это для обычного подзапроса. Запрос WITH обычно выполняется буквально и возвращает 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.)

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 | 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 |

| Имя | Псевдонимы | Описание |
|---|---|---|
| path | | геометрический путь в плоскости |
| pg_lsn | | Последовательный номер в журнале PostgreSQL |
| 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 идентификатора транзакций |
| 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 умно-

жении. 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 практике эти типы обычно 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 большинстве платформ тип `real` может сохранить значения в пределах от 1E-37 до 1E+37 с точностью не меньше 6 десятичных цифр. Тип `double precision` предлагает значения в диапазоне 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.

### Примечание

Параметр extra_float_digits определяет количество дополнительных значащих цифр при преобразовании значения с плавающей точкой в текст для вывода. Со значением по умолчанию (`0`) вывод будет одинаковым на всех платформах, поддерживаемых PostgreSQL. При его увеличении выводимое значение числа будет более точно представлять хранимое, но от этого может пострадать переносимость.

В дополнение к обычным числовым значениям типы с плавающей точкой могут содержать следующие специальные значения:

```
Infinity
-Infinity
NaN
```

Они представляют особые значения, описанные в IEEE 754, соответственно «бесконечность», «минус бесконечность» и «не число». (На компьютерах, где арифметика с плавающей точкой не соответствует стандарту IEEE 754, эти значения, вероятно, не будут работать должным образом.) 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`.

> **Примечание**
>
> Предположение, что типы `real` и `double precision` имеют в мантиссе 24 и 53 бита соответственно, справедливо для всех реализаций плавающей точки по стандарту IEEE. На платформах, не поддерживающих IEEE, размер мантиссы может несколько отличаться, но для простоты диапазоны *p* везде считаются одинаковыми.

## 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 9.16.

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 | -92233720368547 758.08 .. +92233720368547 758.07 |

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. 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.

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`.

Подробнее синтаксис текстовых строк описан в Подразделе 4.1.2.1, а доступные операторы и функции перечисляются в Главе 9. Кодировка, используемая для хранения текстовых строк, определяется набором символов, выбранным для базы данных. Подробнее это описано в Разделе 23.3.

**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:

```
SELECT '\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'` | `SELECT '\000'::bytea;` | `\x00` |
| 39 | апостроф | `''''` или `'\047'` | `SELECT ''''::bytea;` | `\x27` |
| 92 | обратная косая черта | `'\\'` или `'\134'` | `SELECT '\\'::bytea;` | `\x5c` |
| от 0 до 31 и от 127 до 255 | «непечатаемые» байты | `E'\\`*xxx*`'` (восьмеричное значение) | `SELECT '\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 | `\\` | `SELECT '\134'::bytea;` | `\\` |
| от 0 до 31 и от 127 до 255 | «непечатаемые» байты | `\`*xxx* (значение байта) | `SELECT '\001'::bytea;` | `\001` |
| от 32 до 126 | «печатаемые» байты | представление из клиентского набора символов | `SELECT '\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.5).

**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+1459 | 24:00:00-1459 | 1 микросекунда |
| `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 поле 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 функционале дат/времени, возникающие в приложениях.

Типы `abstime` и `reltime` имеют меньшую точность и предназначены для внутреннего использования. Эти типы не рекомендуется использовать в обычных приложениях; их может не быть в будущих версиях.

## 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 | дата по юлианскому календарю |
| 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`.

**Таблица 8.11. Вводимое время**

| Пример | Описание |
|---|---|
| `04:05:06.789` | ISO 8601 |
| `04:05:06` | ISO 8601 |
| `04:05` | ISO 8601 |
| `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 |
| `04:05:06-08:00` | ISO 8601 |

| Пример | Описание |
|---|---|
| 04:05-08:00 | ISO 8601 |
| 040506-08 | 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 | смещение часового пояса PST по ISO-8601 |
| -800 | смещение часового пояса PST по ISO-8601 |
| -8 | смещение часового пояса PST по ISO-8601 |
| zulu | принятое у военных сокращение UTC |
| z | краткая форма zulu |

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 константе 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.

Значения timestamp with time zone внутри всегда хранятся в UTC (Universal Coordinated Time, Всемирное скоординированное время или время по Гринвичу, GMT). Вводимое значение, в котором явно указан часовой пояс, переводится в UTC 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.

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 |
| -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. Последние четыре функции принимают необязательное указание точности. (См. Подраздел 9.9.4.) Заметьте, что во входных строках эти SQL-функции *не* распознаются.

## 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` |

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 51.90). Определения часовых поясов PostgreSQL берёт из широко распространённой базы IANA, так что имена часовых поясов PostgreSQL будут восприниматься 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 51.89). Аббревиатуры можно использовать во вводимых значениях даты/времени и в операторе `AT TIME ZONE`, но не в параметрах конфигурации TimeZone и log_timezone.
- В дополнение к полным названиям и аббревиатурам часовых поясов PostgreSQL принимает указания часового пояса в стиле POSIX: *`STDсмещение`* или *`STDсмещениеDST`*, где *`STD`* — аббревиатура пояса, *`смещение`* — разница с UTC, а *`DST`* — необязательное дополнение, обозначающее летнее время и добавляющее к смещению ещё один час. Например, если бы обозначение `EST5EDT` не являлось названием часового пояса, оно всё равно было бы воспринято и функционально соответствовало бы поясу североамериканского восточного времени. При такой записи аббревиатура пояса может быть набором букв или обычной строкой, заключённой в угловые скобки ((<>). Когда представлено название пояса с летним временем, при пересчёте времени будут использоваться правила перехода на летнее время, описанные в базе данных IANA в файле `posixrules`. В стандартной инсталляции PostgreSQL файл `posixrules` соответствует описанию `US/Eastern`, так что для указаний часовых поясов в стиле POSIX применяются правила перехода на летнее время, принятые в США. При необходимости это можно изменить, заменив файл `posixrules`.

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.

При этом следует использовать возможность указания часового пояса в стиле POSIX с осторожностью, так как при этом могут быть приняты заведомо неверные данные, потому что разумность аббревиатуры никак не проверяется. Например, команда `SET TIMEZONE TO FOOBAR0` будет работать и система примет эту довольно оригинальную аббревиатуру для UTC. Также следует учитывать, что в названиях часовых поясов POSIX положительные смещения соответствуют сдвигу *к западу* Гринвича. Во всех остальных формах PostgreSQL следует соглашению ISO-8601, по которому положительным смещениям соответствует сдвиг *к востоку* от Гринвича.

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 присвоении 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.

В расширенном формате ввода и в некоторых полях более компактных форматов значения компонентов могут иметь дробные части, например `'1.5 week'` или `'01:02:03.45'`. Такое значение при сохранении пересчитывается в соответствующее число месяцев, дней и секунд. Когда при этом остаётся дробная часть в месяцах или в днях, она переносится в младший компонент с допущением, что 1 месяц = 30 дней, а 1 день = 24 часа. Например, значение `'1.5 month'` будет преобразовано в 1 месяц и 15 дней. В виде дробного числа хранятся и выводятся только секунды.

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 |

Тип `interval` представлен внутри в виде отдельных значений месяцев, дней и секунд. Это объясняется тем, что число дней в месяце может быть разным, а в сутках может быть и 23, и 25 часов в дни перехода на летнее/зимнее время. Значения месяцев и дней представлены целыми числами, а число секунд может быть дробным. Так как интервалы обычно получаются из строковых констант или при вычитании типов `timestamp`, этот способ хранения эффективен в большинстве случаев, но может давать неожиданные результаты:

```
SELECT EXTRACT(hours from '80 minutes'::interval);
 date_part
-----------
         1

SELECT EXTRACT(days from '80 hours'::interval);
 date_part
-----------
         0
```

Для корректировки числа дней и часов, когда они выходят за обычные границы, есть специальные функции `justify_days` и `justify_hours`.

### 8.5.5. Вывод интервалов

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` | 32 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) |

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 $Ax + By + C = 0$, где $A$ и $B$ не равны 0. 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 хранятся в другом виде и для работы с ними предназначен отдельный набор функций.

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 *IP-адрес/y*, где *IP-адрес* — адрес IPv4 или IPv6, а *y* — число бит в маске сети. Если компонент */y* отсутствует, 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 *IP-адрес/y*, где *IP-адрес* — адрес сети 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 |
| ::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.

Стандарт IEEE 802-2001 считает канонической формой MAC-адресов вторую (с минусами), а в первой (с двоеточиями) предполагает обратный порядок бит, так что 08-00-2b-01-02-03 = 01:00:4D:08:04:0C. 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 (8 байт), либо 12 (6 байт). Ведущие и замыкающие 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, 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`:

```
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 вари-

ация 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.

В PostgreSQL встроены функции хранения и сравнения идентификаторов UUID, но нет внутренней функции генерирования UUID, потому что не существует какого-то единственного алгоритма, подходящего для всех приложений. Сгенерировать UUID можно с помощью дополнительного модуля uuid-ossp, в котором реализованы несколько стандартных алгоритмов, а можно воспользоваться модулем pgcrypto, где тоже есть функция генерирования случайных UUID. Кроме того, можно сделать это в клиентском приложении или в другой библиотеке, подключённой на стороне сервера.

# 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 9.14. 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 9.15.

Существуют два типа данных JSON: `json` и `jsonb`. Они принимают на вход *почти* одинаковые наборы значений, а отличаются 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).

PostgreSQL позволяет использовать только одну кодировку символов в базе данных, поэтому данные JSON не будут полностью соответствовать спецификации, если кодировка базы данных не

UTF-8. При этом нельзя будет вставить 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 `\uXXXX`. 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 не ASCII-символов (символов после `U+007F`), если кодировка базы данных не UTF8. 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 соответствующий символ ASCII или UTF8 (это подразумевает сворачивание суррогатных пар в один символ).

> **Примечание**
>
> Многие из функций обработки JSON, описанные в Разделе 9.15, 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 не UTF8. Вообще же, по возможности следует избегать смешения спецкодов Unicode в JSON с кодировкой базой данных не UTF8.

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 | Замечания |
|---|---|---|
| `string` | `text` | `\u0000` не допускается, как не ASCII символ, если кодировка базы данных не UTF8 |
| `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.

## 8.14.2. Эффективная организация 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 9.15.

## 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 на верхнем уровне (`?`, `?&` и `?|`) и оператором существования пути/значения (`@>`). (Подробнее семантика, реализуемая этими операторами, описана в Таблице 9.44.) Пример создания индекса с этим классом операторов:

```
CREATE INDEX idxgin ON api USING GIN (jdoc);
```

Дополнительный класс операторов GIN `jsonb_path_ops` поддерживает индексацию только для оператора `@>`. 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 вебслужбы, 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.

Класс операторов `jsonb_path_ops` поддерживает только запросы с оператором `@>`, но зато 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 лучше, 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 `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, рассчитан-

[1] Поэтому понятие «значение» включает и элементы массивов, хотя в терминологии JSON иногда элементы массивов считаются отличными от значений внутри объектов.

ным 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*

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.

# 8.15. Массивы

PostgreSQL позволяет определять столбцы таблицы как многомерные массивы переменной длины. Элементами массивов могут быть любые встроенные или определённые пользователями типы, перечисления или составные типы. Массивы доменов в данный момент не поддерживаются.

## 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 присвоения 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 9.23. 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 9.59.

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 9.18. 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_positions
-----------------
 2

SELECT array_positions(ARRAY[1, 4, 3, 1, 3, 4, 2, 1], 1);
 array_positions
```

```
-----------------
 {1,4,8}
```

> **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, представляющий тип строки таблицы, именем которого будет имя таблицы. Например, при выполнении команды:

```
CREATE TABLE inventory_item (
    name            text,
    supplier_id     integer REFERENCES suppliers,
    price           numeric CHECK (price > 0)
);
```

будет создан составной тип `inventory_item`, в точности соответствующий тому, что был показан выше, и использовать его можно так же. Заметьте, что в текущей реализации есть один недостаток: так как с составным типом не могут быть связаны ограничения, описанные в определении таблицы ограничения *не применяются* к значениям составного типа вне таблицы. (В некоторой степени это можно обойти, используя в составных типах домены.)

## 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 обра-

щения 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 тем, и с тем синтаксисом. Если это дорогостоящая функция и вы хотите избежать лишних вызовов, это осуществимо с таким запросом:
>
> ```
> SELECT (m).* FROM (SELECT myfunc(x) AS m FROM some_table OFFSET 0) ss;
> ```
>
> Предложение `OFFSET 0` добавлено, чтобы оптимизатор не упрощал подзапрос, в результате чего он может преобразоваться в форму с множественными вызовами `myfunc()`.

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 9.23.6. 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. Если возникнет неоднозначность, предпочтительнее окажется прочтение имени поля, так что такую функцию нельзя будет вызвать без дополнительных трюков. Например, для принудительного прочтения имени функции, потребуется 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` (со-

кращение 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 9.50 и Таблице 9.51.

## 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 точки, лежащие ниже верхней границы. Подобным образом, если не определить верхнюю границу, в диапазон войдут все точки, лежащие выше нижней границы. Если же опущена и нижняя, и правая границы, такой диапазон будет включать все возможные значения своего подтипа.

Это равнозначно тому, что нижней границей будет считаться «минус бесконечность», а верхней — «плюс бесконечность». Но заметьте, что эти бесконечные значения не являются значениями подтипа диапазона и поэтому также не могут входить в диапазон. (Как следствие, нет такого понятия, как включаемая нижняя бесконечная граница — если попытаться записать такой диапазон, она будет автоматически преобразована в исключаемую.)

Кроме этого, в некоторых типах есть понятие «бесконечность», но в данном контексте оно считается просто одним из значений. Например, во временных диапазонах `[today,]` означает то же самое, что и `[today,)`. Но диапазон `[today,infinity]` отличается от `[today,infinity)` — в последнем специальное значение `infinity` типа `timestamp` не входит в диапазон.

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 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 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 9.50.

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. Идентификаторы объектов

Идентификатор объекта (Object Identifier, OID) используется внутри PostgreSQL в качестве первичного ключа различных системных таблиц. В пользовательские таблицы столбец OID добавляется, только если при создании таблицы указывается `WITH OIDS` или включён параметр конфигурации default_with_oids. Идентификатор объекта представляется в типе `oid`. Также для типа `oid` определены следующие псевдонимы: `regproc`, `regprocedure`, `regoper`, `regoperator`, `regclass`, `regtype`, `regrole`, `regnamespace`, `regconfig` и `regdictionary`. Обзор этих типов приведён в Таблице 8.24.

В настоящее время тип `oid` реализован как четырёхбайтное целое. Таким образом, значение этого типа может быть недостаточно большим для обеспечения уникальности в базе данных или даже в отдельных больших таблицах. Поэтому в пользовательских таблицах использовать столбец типа OID в качестве первичного ключа не рекомендуется. Лучше всего ограничить применение этого типа обращениями к системным таблицам.

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 8.24. Идентификаторы объектов**

| Имя | Ссылки | Описание | Пример значения |
|---|---|---|---|
| `oid` | any | числовой идентификатор объекта | `564182` |
| `regproc` | `pg_proc` | имя функции | `sum` |
| `regprocedure` | `pg_proc` | функция с типами аргументов | `sum(int4)` |
| `regoper` | `pg_operator` | имя оператора | `+` |

| Имя | Ссылки | Описание | Пример значения |
|---|---|---|---|
| regoperator | pg_operator | оператор с типами аргументов | *(integer,integer) или -(NONE,integer) |
| regclass | pg_class | имя отношения | pg_type |
| regtype | pg_type | имя типа данных | integer |
| regrole | pg_authid | имя роли | smithee |
| regnamespace | pg_namespace | пространство имён | pg_catalog |
| regconfig | pg_ts_config | конфигурация текстового поиска | english |
| regdictionary | pg_ts_dict | словарь текстового поиска | simple |

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 ограничением 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.

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 5.4.)

# 8.19. 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.

# 8.20. 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 8.25.

**Таблица 8.25. 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). |
| `anyrange` | Указывает, что функция принимает любой диапазонный тип 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` . |
| `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. |

| Имя | Описание |
|---|---|
| unknown | Обозначает ещё не распознанный тип, то есть раскрытое строковое значение. |
| opaque | Устаревший тип, который раньше использовался во многих вышеперечисленных случаях. |

Функции, написанные на языке C (встроенные или динамически загружаемые), могут быть объявлены с параметрами или результатами любого из этих типов. 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 типами anyelement, anyarray, anynonarray, anyenum и anyrange.

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. 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.

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. В этой главе не описываются абсолютно все функции; некоторые дополнительные функции рассматриваются в других разделах документации.

## 9.1. Логические операторы

Набор логических операторов включает обычные:

```
AND
OR
NOT
```

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 значение может иметь порядок вычисления подвыражений. Подробнее это описано 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 |
|---|---|
| < | меньше |
| > | больше |
| <= | меньше или равно |
| >= | больше или равно |

| Оператор | Описание |
|---|---|
| = | равно |
| <> или != | не равно |

> **Примечание**
>
> Оператор != преобразуется в <> на стадии разбора запроса. Как следствие, реализовать операторы != и <> по-разному невозможно.

Операторы сравнения определены для всех типов данных, для которых они имеют смысл. Все операторы сравнения представляют собой бинарные операторы, возвращающие значения типа boolean; при этом выражения вида 1 < 2 < 3 недопустимы (так как не существует оператора <, который бы сравнивал булево значение с 3).

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 |
|---|---|
| *a* BETWEEN *x* AND *y* | между |
| *a* NOT BETWEEN *x* AND *y* | не между |
| *a* BETWEEN SYMMETRIC *x* AND *y* | между, после сортировки сравниваемых значений |
| *a* NOT BETWEEN SYMMETRIC *x* AND *y* | не между, после сортировки сравниваемых значений |
| *a* IS DISTINCT FROM *b* | не равно, при этом NULL воспринимается как обычное значение |
| *a* IS NOT DISTINCT FROM *b* | равно, при этом NULL воспринимается как обычное значение |
| *выражение* IS NULL | эквивалентно NULL |
| *выражение* IS NOT NULL | не эквивалентно NULL |
| *выражение* ISNULL | эквивалентно NULL (нестандартный синтаксис) |
| *выражение* NOTNULL | не эквивалентно NULL (нестандартный синтаксис) |
| *логическое_выражение* IS TRUE | истина |
| *логическое_выражение* IS NOT TRUE | ложь или неопределённость |
| *логическое_выражение* IS FALSE | ложь |
| *логическое_выражение* IS NOT FALSE | истина или неопределённость |
| *логическое_выражение* IS UNKNOWN | неопределённость |
| *логическое_выражение* IS NOT UNKNOWN | истина или ложь |

Предикат BETWEEN упрощает проверки интервала:

*a* BETWEEN *x* AND *y*

равнозначно выражению

*a* >= *x* AND *a* <= *y*

Заметьте, что BETWEEN считает, что границы интервала также включаются в интервал. NOT BETWEEN выполняет противоположное сравнение:

*a* NOT BETWEEN *x* AND *y*

равнозначно выражению

```
a < x OR a > y
```

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.

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 | Результат примера |
|---|---|---|---|
| num_nonnulls( VARIADIC "any") | возвращает число аргументов, отличных от NULL | num_nonnulls(1, NULL, 2) | 2 |
| num_nulls(VARIADIC "any") | 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 перечислены все доступные математические операторы.

**Таблица 9.4. Математические операторы**

| Оператор | Описание | Пример | Результат |
|---|---|---|---|
| + | сложение | 2 + 3 | 5 |
| - | вычитание | 2 - 3 | -1 |
| * | умножение | 2 * 3 | 6 |
| / | деление (при целочисленном делении остаток отбрасывается) | 4 / 2 | 2 |
| % | остаток от деления | 5 % 4 | 1 |
| ^ | возведение в степень ( вычисляется слева направо) | 2.0 ^ 3.0 | 8 |
| \|/ | квадратный корень | \|/ 25.0 | 5 |
| \|\|/ | кубический корень | \|\|/ 27.0 | 3 |
| ! | факториал | 5 ! | 120 |
| !! | факториал (префиксная форма) | !! 5 | 120 |
| @ | модуль числа (абсолютное значение) | @ -5.0 | 5 |
| & | битовый AND | 91 & 15 | 11 |
| \| | битовый OR | 32 \| 3 | 35 |
| # | битовый XOR | 17 # 5 | 20 |
| ~ | битовый NOT | ~1 | -2 |
| << | битовый сдвиг влево | 1 << 4 | 16 |
| >> | битовый сдвиг вправо | 8 >> 2 | 2 |

Битовые операторы работают только с целостными типами данных, тогда как другие и работают и с остальными числовыми типами. Битовые операции также работают с битовыми строками `bit` и `bit varying`, как показано в Таблице 9.13.

В Таблице 9.5 перечислены все существующие математические функции. Сокращение `dp` в ней обозначает тип `double precision` (плавающее с двойной точностью). Многие из этих функций имеют несколько форм с разными типами аргументов. За исключением случаев, где это указано явно, любая форма функции возвращает результат того же типа, что и аргумент. 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 | Тип результата | Описание | Пример | Результат |
|---|---|---|---|---|
| `abs( x)` | тип аргумента | модуль числа ( абсолютное значение) | `abs(-17.4)` | `17.4` |
| `cbrt( dp)` | `dp` | кубический корень | `cbrt(27.0)` | `3` |
| `ceil( dp или numeric)` | тип аргумента | ближайшее целое, большее или равное аргументу | `ceil(-42.8)` | `-42` |
| `ceiling( dp или numeric)` | тип аргумента | ближайшее целое, большее или равное аргументу ( равнозначно `ceil`) | `ceiling(-95.3)` | `-95` |
| `degrees( dp)` | `dp` | преобразование радианов в градусы | `degrees(0.5)` | `28.6478897565412` |
| `div( y numeric, x numeric)` | `numeric` | целочисленный результат *y*/*x* | `div(9,4)` | `2` |
| `exp( dp или numeric)` | тип аргумента | экспонента | `exp(1.0)` | `2.71828182845905` |
| `floor( dp или numeric)` | тип аргумента | ближайшее целое, меньшее или равное аргументу | `floor(-42.8)` | `-43` |
| `ln( dp или numeric)` | тип аргумента | натуральный логарифм | `ln(2.0)` | `0.693147180559945` |
| `log( dp или numeric)` | тип аргумента | логарифм по основанию 10 | `log(100.0)` | `2` |
| `log( b numeric, x numeric)` | `numeric` | логарифм по основанию *b* | `log(2.0, 64.0)` | `6.0000000000` |
| `mod( y, x)` | зависит от типов аргументов | остаток от деления *y*/*x* | `mod(9,4)` | `1` |
| `pi()` | `dp` | константа «π» | `pi()` | `3.14159265358979` |
| `power( a dp, b dp)` | `dp` | *a* возводится в степень *b* | `power(9.0, 3.0)` | `729` |
| `power( a numeric, b numeric)` | `numeric` | *a* возводится в степень *b* | `power(9.0, 3.0)` | `729` |

| Функция | Тип результата | Описание | Пример | Результат |
|---|---|---|---|---|
| radians( dp) | dp | преобразование градусов в радианы | radians(45.0) | 0.785398163397448 |
| round( dp или numeric) | тип аргумента | округление до ближайшего целого | round(42.4) | 42 |
| round( *v* numeric, *s* int) | numeric | округление *v* до *s* десятичных знаков | round(42.4382, 2) | 42.44 |
| scale( numeric) | integer | масштаб аргумента (число десятичных цифр в дробной части) | scale(8.41) | 2 |
| sign( dp или numeric) | тип аргумента | знак аргумента (-1, 0, +1) | sign(-8.4) | -1 |
| sqrt( dp или numeric) | тип аргумента | квадратный корень | sqrt(2.0) | 1.4142135623731 |
| trunc( dp или numeric) | тип аргумента | округление к нулю | trunc(42.8) | 42 |
| trunc( *v* numeric, *s* int) | numeric | округление к 0 до *s* десятичных знаков | trunc(42.4382, 2) | 42.43 |
| width_bucket( *operand* dp, *b1* dp, *b2* dp, *count* int) | int | возвращает номер группы, в которую попадёт *operand* в гистограмме с числом групп *count* равного размера, в диапазоне от *b1* до *b2*; возвращает 0 или *count*+1, если операнд лежит вне диапазона | width_bucket( 5.35, 0.024, 10.06, 5) | 3 |
| width_bucket( *operand* numeric, *b1* numeric, *b2* numeric, *count* int) | int | возвращает номер группы, в которую попадёт *operand* в гистограмме с числом групп *count* равного размера, в диапазоне от *b1* до *b2*; возвращает 0 или *count*+1, если операнд лежит вне диапазона | width_bucket( 5.35, 0.024, 10.06, 5) | 3 |
| width_bucket( *operand* anyelement, *thresholds* anyarray) | int | возвращает номер группы, в которую попадёт *operand* (группы определяются нижними границами, передаваемыми в *thresholds*); возвращает 0, если | width_bucket( now(), array['yesterday', 'today', 'tomorrow']::timestamptz[]) | 2 |

| Функция | Тип результата | Описание | Пример | Результат |
|---|---|---|---|---|
| | | операнд оказывается левее нижней границы; массив *thresholds должен быть отсортирован* по возрастанию, иначе будут получены неожиданные результаты | | |

В Таблице 9.6 перечислены все функции для генерации случайных чисел.

**Таблица 9.6. Случайные функции**

| Функция | Тип результата | Описание |
|---|---|---|
| `random()` | `dp` | случайное число в диапазоне 0.0 <= x < 1.0 |
| `setseed( dp)` | `void` | задаёт отправную точку для последующих вызовов `random()` (значение между -1.0 и 1.0, включая границы) |

Характеристики значений, возвращаемых функцией `random()` зависят от системы. Для применения в криптографии они непригодны; альтернативы описаны в pgcrypto.

Наконец, в Таблице 9.7 перечислены все имеющиеся тригонометрические функции. Все эти функции принимают аргументы и возвращают значения типа `double precision`. У каждой функции имеются две вариации: одна измеряет углы в радианах, а вторая — в градусах.

**Таблица 9.7. Тригонометрические функции**

| Функции (в радианах) | Функции (в градусах) | Описание |
|---|---|---|
| `acos( x)` | `acosd( x)` | арккосинус |
| `asin( x)` | `asind( x)` | арксинус |
| `atan( x)` | `atand( x)` | арктангенс |
| `atan2( y, x)` | `atan2d( y, x)` | арктангенс *y/x* |
| `cos( x)` | `cosd( x)` | косинус |
| `cot( x)` | `cotd( x)` | котангенс |
| `sin( x)` | `sind( x)` | синус |
| `tan( x)` | `tand( x)` | тангенс |

### 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)`.

## 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, все нижеперечисленные функции работают со всеми этими типами, хотя с

типом character следует учитывать возможные эффекты автоматического дополнения строк пробелами. Некоторые из этих функций также поддерживают битовые строки.

В SQL определены несколько строковых функций, в которых аргументы разделяются не запятыми, а ключевыми словами. Они перечислены в Таблице 9.8. PostgreSQL также предоставляет варианты этих функций с синтаксисом, обычным для функций (см. Таблицу 9.9).

> **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 9.8. Во всех остальных случаях для повторения предыдущего поведения потребуется добавить явное преобразование в text.

**Таблица 9.8. Строковые функции и операторы языка SQL**

| Функция | Тип результата | Описание | Пример | Результат |
|---|---|---|---|---|
| *string* \|\| *string* | text | Конкатенация строк | 'Post' \|\| 'greSQL' | PostgreSQL |
| *string* \|\| *не string* или *не string* \|\| *string* | text | Конкатенация строк с одним не строковым операндом | 'Value: ' \|\| 42 | Value: 42 |
| bit_length( *string*) | int | Число бит в строке | bit_length( 'jose') | 32 |
| char_length( *string*) или character_ length( *string*) | int | Число символов в строке | char_length( 'jose') | 4 |
| lower( *string*) | text | Переводит символы строки в нижний регистр | lower('TOM') | tom |
| octet_length( *string*) | int | Число байт в строке | octet_length( 'jose') | 4 |
| overlay( *string* placing *string* from int [for int]) | text | Заменяет подстроку | overlay( 'Txxxxas' placing 'hom' from 2 for 4) | Thomas |
| position( *substring* in *string*) | int | Положение указанной подстроки | position('om' in 'Thomas') | 3 |
| substring( *string* [from int] [for int]) | text | Извлекает подстроку | substring( 'Thomas' from 2 for 3) | hom |
| substring( *string* from *шаблон*) | text | Извлекает подстроку, соответствующую регулярному выражению в стиле POSIX. Подробно шабло- | substring( 'Thomas' from '...$') | mas |

| Функция | Тип результата | Описание | Пример | Результат |
|---|---|---|---|---|
| | | ны описаны в Разделе 9.7. | | |
| substring( *string* from *шаблон* for *спецсимвол*) | text | Извлекает подстроку, соответствующую регулярному выражению в стиле SQL. Подробно шаблоны описаны в Разделе 9.7. | substring( 'Thomas' from '%#"o_a#"_' for '#') | oma |
| trim([leading \| trailing \| both] [*characters*] from *string*) | text | Удаляет наибольшую подстроку, содержащую только символы *characters* (по умолчанию пробелы), с начала (leading), с конца (trailing) или с обеих сторон (both, (по умолчанию)) строки *string* | trim(both 'xyz' from 'yxTomxx') | Tom |
| trim([leading \| trailing \| both] [from] *string* [, *characters*] ) | text | Нестандартный синтаксис trim() | trim(both from 'yxTomxx', 'xyz') | Tom |
| upper( *string*) | text | Переводит символы строки в верхний регистр | upper('tom') | TOM |

Кроме этого, в PostgreSQL есть и другие функции для работы со строками, перечисленные в Таблице 9.9. Некоторые из них используются в качестве внутренней реализации стандартных строковых функций SQL, приведённых в Таблице 9.8.

**Таблица 9.9. Другие строковые функции**

| Функция | Тип результата | Описание | Пример | Результат |
|---|---|---|---|---|
| ascii( *string*) | int | Возвращает ASCII-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, состоящую только из символов *characters* ( по умолчанию про- | btrim( 'xyxtrimyyx', 'xyz') | trim |

| Функция | Тип результата | Описание | Пример | Результат |
|---|---|---|---|---|
| | | белов), с начала и с конца строки *string* | | |
| chr( int) | text | Возвращает символ с данным кодом. Для UTF8 аргумент воспринимается как код символа Unicode, а для других кодировок он должен указывать на ASCII-символ. Код 0 ( NULL) не допускается, так как байты с нулевым кодом в текстовых строках сохранить нельзя. | chr(65) | A |
| concat( *str* "any" [, *str* "any" [, ...] ]) | text | Соединяет текстовые представления всех аргументов, игнорируя NULL. | concat('abcde', 2, NULL, 22) | abcde222 |
| concat_ws( *sep* text, *str* "any" [, *str* "any" [, ...] ]) | text | Соединяет все аргументы, кроме первого, через разделитель, игнорируя аргументы NULL. Разделитель указывается в первом аргументе. | concat_ws(',', 'abcde', 2, NULL, 22) | abcde,2,22 |
| convert( *string* bytea, *src_encoding* name, *dest_encoding* name) | bytea | Преобразует строку *string* из кодировки *src_encoding* в *dest_encoding* . Переданная строка должна быть допустимой для исходной кодировки. Преобразования могут быть определены с помощью CREATE CONVERSION. Все встроенные преобразования перечислены в Таблице 9.10. | convert('text_in_utf8', 'UTF8', 'LATIN1') | строка text_in_utf8 , представленная в кодировке Latin-1 (ISO 8859-1) |
| convert_from( *string* bytea, *src_encoding* name) | text | Преобразует строку *string* из кодировки *src_encoding* в коди- | convert_from( 'text_in_utf8', 'UTF8') | строка text_in_utf8 , представленная в кодиров- |

| Функция | Тип результата | Описание | Пример | Результат |
|---|---|---|---|---|
| | | ровку базы данных. Переданная строка должна быть допустимой для исходной кодировки. | | ке текущей базы данных |
| convert_to( *string* text, *dest_encoding* name) | bytea | Преобразует строку в кодировку *dest_encoding* . | convert_to( 'некоторый текст', 'UTF8') | некоторый текст, представленный в кодировке UTF8 |
| decode( *string* text, *format* text) | bytea | Получает двоичные данные из текстового представления в *string*. Значения параметра *format* те же, что и для функции encode. | decode( 'MTIzAAE=', 'base64') | \x3132330001 |
| encode( *data* bytea, *format* text) | text | Переводит двоичные данные в текстовое представление в одном из форматов: base64, hex, escape. Формат escape преобразует нулевые байты и байты с 1 в старшем бите в восьмеричные последовательности \nnn и дублирует обратную косую черту. | encode( '123\000\001', 'base64') | MTIzAAE= |
| format( *formatstr* text [, *formatarg* "any" [, ...] ]) | text | Форматирует аргумент в соответствии со строкой формата. Эта функция работает подобно sprintf в языке C. См. Подраздел 9.4.1. | format('Hello %s, %1$s', 'World') | Hello World, World |
| initcap( *string*) | 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 |

| **Функция** | **Тип результата** | **Описание** | **Пример** | **Результат** |
|---|---|---|---|---|
| left( *str* text, *n* int) | text | Возвращает первые *n* символов в строке. Когда *n* меньше нуля, возвращаются все символы слева, кроме последних \|*n*\| символов. | left('abcde', 2) | ab |
| length( *string*) | int | Число символов в строке *string* | length('jose') | 4 |
| length( *string* bytea, *encoding* name ) | int | Число символов, которые содержит строка *string* в заданной кодировке *encoding*. Переданная строка должна быть допустимой в этой кодировке. | length('jose', 'UTF8') | 4 |
| lpad( *string* text, *length* int [, *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( *string*) | text | Вычисляет MD5-хеш строки *string* и возвращает результат в 16-ричном виде | md5('abc') | 90015098 3cd24fb0 d6963f7d 28e17f72 |
| parse_ident( *qualified_identifier* text [, *strictmode* boolean DEFAULT true ] ) | text[] | Раскладывает полный идентификатор, задаваемый параметром *qualified_identifier* , на массив идентификаторов, удаляя кавычки, обрамляющие отдельные идентифика- | parse_ident( '"SomeSchema".someTable') | {SomeSchema, someTable} |

| Функция | Тип результата | Описание | Пример | Результат |
|---|---|---|---|---|
| | | торы. 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[]`. | | |
| `pg_client_encoding()` | `name` | Возвращает имя текущей клиентской кодировки | `pg_client_encoding()` | `SQL_ASCII` |
| `quote_ident(` *`string`* `text)` | `text` | Переданная строка оформляется 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. См. также Пример 42.1. | `quote_ident('Foo bar')` | `"Foo bar"` |
| `quote_literal(` *`string`* `text)` | `text` | Переданная строка оформляется для использова- | `quote_literal(E'O\'Reilly')` | `'O''Reilly'` |

| Функция | Тип результата | Описание | Пример | Результат |
|---|---|---|---|---|
| | | ния в качестве текстовой строки в SQL-операторе. Включённые 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( *value* 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( *string* text)` | `text` | Переданная строка оформляется для использования в качестве текстовой строки 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( *value* anyelement)` | `text` | Переводит данное значение в текстовый вид и заключает в апострофы как текстовую строку, при этом для аргумента NULL возвраща- | `quote_nullable( 42.5)` | `'42.5'` |

| Функция | Тип результата | Описание | Пример | Результат |
|---|---|---|---|---|
| | | ется строка NULL. Символы апостроф и обратная косая черта дублируются должным образом. | | |
| regexp_match( *string* text, *pattern* text [, *flags* text]) | text[] | Возвращает подходящие подстроки, полученные из первого вхождения регулярного выражения POSIX в строке *string*. Подробности описаны в Подразделе 9.7.3. | regexp_match( 'foobar bequebaz', '(bar)(beque)') | {bar,beque} |
| regexp_matches ( *string* text, *pattern* text [, *flags* text]) | setof text[] | Возвращает подходящие подстроки, полученные в результате применения регулярного выражения POSIX к *string*. Подробности описаны в Подразделе 9.7.3. | regexp_matches( 'foobar bequebaz', 'ba.', 'g') | {bar}<br>{baz}<br>(2 строки) |
| regexp_replace ( *string* text, *pattern* text, *replacement* text [, *flags* text]) | text | Заменяет подстроки, соответствующие заданному регулярному выражению в стиле POSIX. Подробности описаны в Подразделе 9.7.3. | regexp_replace( 'Thomas', '.[mN]a.', 'M') | ThM |
| regexp_split_ to_array( *string* text, *pattern* text [, *flags* text ]) | text[] | Разделяет содержимое *string* на элементы, используя в качестве разделителя регулярное выражение POSIX. Подробности описаны в Подразделе 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. Подробности описаны в Подразделе 9.7.3. | regexp_split_ to_table( 'hello world', '\s+') | hello<br>world<br>(2 строки) |
| repeat( *string* text, *number* int) | text | Повторяет содержимое *string* ука- | repeat('Pg', 4) | PgPgPgPg |

| Функция | Тип результата | Описание | Пример | Результат |
|---|---|---|---|---|
| | | занное число ( *number*) раз | | |
| replace( *string* text, *from* text, *to* text) | text | Заменяет все вхождения в *string* подстроки *from* подстрокой *to* | replace( 'abcdefabcdef', 'cd', 'XX') | abXXefabXXef |
| reverse( *str*) | text | Возвращает перевёрнутую строку | reverse( 'abcde') | edcba |
| right( *str* text, *n* int) | 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* int [, *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, *field* int) | 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*, *substring*) | int | Возвращает положение указанной подстроки ( подобно position( *substring* in *string*), но с другим порядком аргументов) | strpos('high', 'ig') | 2 |
| substr( *string*, *from* [, *count*]) | text | Извлекает подстроку (подобно substring( | substr( 'alphabet', 3, 2) | ph |

| Функция | Тип результата | Описание | Пример | Результат |
|---|---|---|---|---|
| | | *string* from *from* for *count*)) | | |
| to_ascii( *string* text [, *encoding* text]) | text | Преобразует *string* в ASCII из кодировки *encoding* (поддерживаются только LATIN1, LATIN2, LATIN9 и WIN1250) | to_ascii( 'Karel') | Karel |
| to_hex( *number* int или bigint) | text | Преобразует число *number* в 16-ричный вид | to_hex( 2147483647) | 7fffffff |
| translate( *string* text, *from* text, *to* text) | text | Заменяет символы в *string*, найденные в наборе *from*, на соответствующие символы 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 37.4.5). 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.

См. также агрегатную функцию string_agg в Разделе 9.20.

**Таблица 9.10. Встроенные преобразования**

| Имя преобразования [a] | Исходная кодировка | Целевая кодировка |
|---|---|---|
| ascii_to_mic | SQL_ASCII | MULE_INTERNAL |
| ascii_to_utf8 | SQL_ASCII | UTF8 |
| 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 |
| euc_tw_to_big5 | EUC_TW | BIG5 |

| **Имя преобразования** [a] | **Исходная кодировка** | **Целевая кодировка** |
|---|---|---|
| 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_ascii | MULE_INTERNAL | SQL_ASCII |
| mic_to_big5 | MULE_INTERNAL | BIG5 |
| mic_to_euc_cn | MULE_INTERNAL | EUC_CN |
| mic_to_euc_jp | MULE_INTERNAL | EUC_JP |

| Имя преобразования [a] | Исходная кодировка | Целевая кодировка |
|---|---|---|
| mic_to_euc_kr | MULE_INTERNAL | EUC_KR |
| mic_to_euc_tw | MULE_INTERNAL | EUC_TW |
| 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_ascii | UTF8 | SQL_ASCII |
| 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 |

| **Имя преобразования** [a] | **Исходная кодировка** | **Целевая кодировка** |
|---|---|---|
| utf8_to_koi8_r | UTF8 | KOI8R |
| utf8_to_koi8_u | UTF8 | KOI8U |
| utf8_to_sjis | UTF8 | SJIS |
| 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 |

| Имя преобразования [a] | Исходная кодировка | Целевая кодировка |
|---|---|---|
| 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, имена кодировок могут не совпадать буквально с общепринятыми названиями.

## 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 выводам своего типа данных, а затем форматируется и вставляется в результирующую строку согласно спецификаторам формата.

Спецификаторы формата предваряются символом % и имеют форму

%[*позиция*][*флаги*][*ширина*]*тип*

Здесь:

*позиция* (необязателен)

Строка вида *n*$, где *n* — индекс выводимого аргумента. Индекс, равный 1, выбирает первый аргумент после *formatstr*. Если *позиция* опускается, по умолчанию используется следующий аргумент по порядку.

*флаги* (необязателен)

Дополнительные параметры, управляющие форматированием данного спецификатора. В настоящее время поддерживается только знак минус (-), который выравнивает результата спецификатора по левому краю. Он работает, только если также определена *ширина*.

*ширина* (необязателен)

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(*ширина*).

*тип* (обязателен)

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 *ширина* 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 *позиция*:

```
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 *позиция* и без них. Спецификатор формата без поля *позиция* 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 данными типа `bytea`.

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).

> **Примечание**
>
> В примерах, приведённых на этой странице, подразумевается, что параметр сервера `bytea_output` равен `escape` (выбран традиционный формат PostgreSQL).

**Таблица 9.11. SQL-функции и операторы для работы с двоичными строками**

| Функция | Тип результата | Описание | Пример | Результат |
|---|---|---|---|---|
| *string* `||` *string* | bytea | Конкатенация строк | `'\\Post'::bytea || '\047gres\000'::bytea` | `\\Post'gres\000` |
| `octet_length(` *string*`)` | int | Число байт в двоичной строке | `octet_length('jo\000se'::bytea)` | 5 |
| `overlay(` *string* `placing` *string* `from int [for int])` | bytea | Заменяет подстроку | `overlay('Th\000omas'::bytea placing '\002\003'::bytea from 2 for 3)` | `T\\002\\003mas` |
| `position(` *substring* `in` *string*`)` | int | Положение указанной подстроки | `position('\000om'::bytea in 'Th\000omas'::bytea)` | 3 |
| `substring(` *string* `[from int] [for int])` | bytea | Извлекает подстроку | `substring('Th\000omas'::bytea from 2 for 3)` | `h\000o` |
| `trim([both]` *bytes* `from` *string*`)` | bytea | Удаляет наибольшую строку, содержащую только байты, заданные в параметре *bytes*, с начала и с конца строки *string* | `trim('\000\001'::bytea from '\000Tom\001'::bytea)` | Tom |

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 | Тип результата | Описание | Пример | Результат |
|---|---|---|---|---|
| `btrim(` *string* bytea, *bytes* bytea`)` | bytea | Удаляет наибольшую строку, содержащую только байты, заданные в параметре *bytes*, с | `btrim('\000trim\001'::bytea, '\000\001'::bytea)` | trim |

| Функция | Тип результата | Описание | Пример | Результат |
|---|---|---|---|---|
| | | начала и с конца строки *string* | | |
| decode( *string* text, *format* text) | bytea | Получает двоичные данные из текстового представления в *string*. Значения параметра *format* те же, что и для функции encode. | decode( '123\000456', 'escape') | 123\000456 |
| encode( *data* bytea, *format* text) | text | Переводит двоичные данные в текстовое представление в одном из форматов: base64, hex, escape. Формат escape преобразует нулевые байты и байты с 1 в старшем бите в восьмеричные последовательности \nnn и дублирует обратную косую черту. | encode( '123\000456'::bytea, 'escape') | 123\000456 |
| get_bit( *string*, *offset*) | int | Извлекает бит из строки | get_bit( 'Th \000omas'::bytea, 45) | 1 |
| get_byte( *string*, *offset*) | int | Извлекает байт из строки | get_byte( 'Th \000omas'::bytea, 4) | 109 |
| length( *string*) | int | Длина двоичной строки | length( 'jo \000se'::bytea) | 5 |
| md5( *string*) | text | Вычисляет MD5-хеш строки *string* и возвращает результат в 16-ричном виде | md5( 'Th \000omas'::bytea) | 8ab2d3c9 689aaf18 b4958c33 4c82d8b1 |
| set_bit( *string*, *offset*, *newvalue*) | bytea | Устанавливает значение бита в строке | set_bit( 'Th \000omas'::bytea, 45, 0) | Th\000omAs |
| set_byte( *string*, *offset*, *newvalue*) | bytea | Устанавливает значение байта в строке | set_byte( 'Th \000omas'::bytea, 4, 64) | Th\000o@as |

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.

См. также агрегатную функцию string_agg в Разделе 9.20 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. Помимо обычных операторов сравнения, с такими данными можно использовать операторы, перечисленные в Таблице 9.13. Заметьте, что операторы &, | и # работают только с двоичными строками одинаковой длины. Операторы побитового сдвига сохраняют длины исходных строк, как показано в примерах.

**Таблица 9.13. Операторы для работы с битовыми строками**

| Оператор | Описание | Пример | Результат |
|---|---|---|---|
| \|\| | конкатенация | B'10001' \|\| B'011' | 10001011 |
| & | битовый AND | B'10001' & B'01101' | 00001 |
| \| | битовый OR | B'10001' \| B'01101' | 11101 |
| # | битовый XOR | B'10001' # B'01101' | 11100 |
| ~ | битовый NOT | ~ B'10001' | 01110 |
| << | битовый сдвиг влево | B'10001' << 3 | 01000 |
| >> | битовый сдвиг вправо | B'10001' >> 2 | 00100 |

Следующие функции языка SQL работают как с символьными, так и с битовыми строками: length, bit_length, octet_length, position, substring, overlay.

С битовыми и двоичными строками работают функции get_bit и set_bit. При работе с битовыми строками эти функции нумеруют биты слева направо и самый левый бит считается нулевым.

Кроме того, целые значения можно преобразовать в тип bit и обратно. Например:

```
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 менее значащий бит числа.

> **Примечание**
>
> Приведение целого числа к типу bit(n) копирует правые n бит числа. Если же целое преобразуется в битовую строку большей длины, чем требуется для этого числа, она дополняется слева битами знака 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.

### 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.

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 можно отнести к особенностям PostgreSQL.

## 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.

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, а предложение ESCAPE позволяет выбрать другой спецсимвол.

Несколько примеров:

```
'abc' SIMILAR TO 'abc'      true
'abc' SIMILAR TO 'a'        false
'abc' SIMILAR TO '%(b|d)%'  true
'abc' SIMILAR TO '(b|c)%'   false
```

Функция substring с тремя параметрами, substring(*строка* from *шаблон* for *спецсимвол*) извлекает подстроку, соответствующую шаблону регулярного выражения SQL. Как и с SIMILAR TO, указанному шаблону должна соответствовать вся строка; в противном случае функция не найдёт ничего и вернёт NULL. Для обозначения части шаблона, которая должна быть возвращена в слу-

чае успеха, шаблон должен содержать два спецсимвола и кавычки (") после каждого. Эта функция возвращает часть шаблона между двумя такими маркерами.

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 9.14 перечислены все существующие операторы для проверки строк регулярными выражениями POSIX.

**Таблица 9.14. Операторы регулярных выражений**

| Оператор | Описание | Пример |
|---|---|---|
| ~ | Проверяет соответствие регулярному выражению с учётом регистра | 'thomas' ~ '.*thomas.*' |
| ~* | Проверяет соответствие регулярному выражению без учёта регистра | 'thomas' ~* '.*Thomas.*' |
| !~ | Проверяет несоответствие регулярному выражению с учётом регистра | 'thomas' !~ '.*Thomas.*' |
| !~* | Проверяет несоответствие регулярному выражению без учёта регистра | 'thomas' !~* '.*vadim.*' |

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:

```
'abc' ~ 'abc'    true
'abc' ~ '^a'     true
'abc' ~ '(b|d)'  true
'abc' ~ '^(b|c)' false
```

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 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 9.22.

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 9.22.

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 9.22, 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 9.22.

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 9.15. Варианты определителей количества и их значения перечислены в Таблице 9.16.

*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 9.17; некоторые дополнительные ограничения описаны ниже.

**Таблица 9.15. 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 9.16. 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* |
| `*?` | не жадная версия `*` |
| `+?` | не жадная версия `+` |
| `??` | не жадная версия `?` |
| `{`*m*`}?` | не жадная версия `{`*m*`}` |
| `{`*m*`,}?` | не жадная версия `{`*m*`,}` |
| `{`*m*`,` *n*`}?` | не жадная 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 9.17. 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) |
| `(?<=` *re*`)` | *позитивный просмотр назад* находит соответствие там, где заканчивается подстрока, соответствующая *re* (только для ARE) |

| Ограничение | Описание |
|---|---|
| `(?<! 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 содержаться имя класса символов, заключённое между `[:` и `:]`, и заменяющее список всех символов этого класса. Стандартные имена классов: `alnum`, `alpha`, `blank`, `cntrl`, `digit`, `graph`, `lower`, `print`, `punct`, `space`, `upper` и `xdigit`. Весь этот набор классов определён в ctype и он может меняться в зависимости от локали (языковой среды). Класс символов также нельзя использовать в качестве границы интервала.

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 в ctype) 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 9.18.

*Коды классов* представляют собой краткий способ записи имён некоторых распространённых классов символов. Они перечислены в Таблице 9.19.

*Спецсимволы ограничений* обозначают ограничения, которым при совпадении определённых условий соответствует пустая строка. Они перечислены в Таблице 9.20.

*Ссылка назад* (*n*) соответствует той же строке, какой соответствовало предыдущее подвыражение в скобках под номером *n* (см. Таблицу 9.21). 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 9.18. 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 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* (сим- |

| Спецсимвол | Описание |
|---|---|
| | вол 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 9.19. 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 9.20. 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 9.21. 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 9.22. Заметьте, что те же буквы используются в параметре *`флаги`* функций regex.

**Таблица 9.22. 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) |

| Параметр | Описание |
|---|---|
| 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, вы-

ражению `(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.

# 9.8. 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 9.23. Все эти функции следует одному соглашению: в первом аргументе передаётся значение, которое нужно отформатировать, а во втором — шаблон, определяющий формат ввода или вывода.

**Таблица 9.23. Функции форматирования**

| Функция | Тип результата | Описание | Пример |
|---|---|---|---|
| to_char( timestamp, text) | text | преобразует время в текст | to_char(current_timestamp, 'HH12:MI:SS') |
| to_char( interval, text) | text | преобразует интервал в текст | to_char(interval '15h 2m 12s', 'HH24:MI:SS') |
| to_char( int, text) | text | преобразует целое в текст | to_char(125, '999') |
| to_char ( double precision, text) | text | преобразует плавающее одинарной/двойной точности в текст | to_char( 125.8::real, '999D9') |
| to_char( numeric, text) | text | преобразует числовое значение в текст | to_char(-125.8, '999D99S') |
| to_date( text, text) | date | преобразует текст в дату | to_date( '05 Dec 2000', 'DD Mon YYYY') |
| to_number( text, text) | numeric | преобразует текст в число | to_number('12, 454.8-', '99G999D9S') |
| to_timestamp( text, text) | timestamp with time zone | преобразует строку во время | to_timestamp( '05 Dec 2000', 'DD Mon YYYY') |

## Примечание

Также имеется функция to_timestamp с одним аргументом; см. Таблицу 9.30.

## 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. Любой текст, который не является кодом, копируется в результат в неизменном виде. Подобным образом, в строке шаблона ввода (для других функций) коды шаблона определяют, какие значения содержит передаваемая текстовая строка.

Все коды форматирования даты и времени перечислены в Таблице 9.24.

**Таблица 9.24. Коды форматирования даты/времени**

| Код | Описание |
|---|---|
| HH | час (01-12) |
| HH12 | час (01-12) |
| HH24 | час (00-23) |
| MI | минута (00-59) |
| SS | секунда (00-59) |
| MS | миллисекунда (000-999) |
| US | микросекунда (000000-999999) |
| SSSS | число секунд с начала суток (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 |
| 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) |

| **Код** | **Описание** |
|---|---|
| `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; 1 день — 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 первое число месяца) |
| `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` | День по юлианскому календарю (номер дня с 24 ноября 4714 г. до н. э.) |
| `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` ) |
| `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 9.25.

**Таблица 9.25. 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 (выводятся 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 не затрагивает замыкающие пробелы. Функции to_timestamp и to_date игнорируют указание TM.
- to_timestamp и to_date пропускают повторяющиеся пробелы во входной строке, если только не используется параметр FX. Например, to_timestamp('2000 JUN', 'YYYY MON') будет работать, но to_timestamp('2000 JUN', 'FXYYYY MON') вернёт ошибку, так как to_timestamp в данном случае ожидает только один разделяющий пробел. Приставка FX должна быть первой в шаблоне.
- Шаблоны для функций to_char могут содержать обычный текст; он будет выведен в неизменном виде. Чтобы вывести текст принудительно, например, если в нём оказываются поддерживаемые коды, его можно заключить в кавычки. Например, в строке '"Hello Year "YYYY', код YYYY будет заменён номером года, а буква Y в слове Year останется неизменной. В функциях to_date, to_number и to_timestamp при обработке подстроки в кавычках просто пропускаются символы входной строки по числу символов в подстроке, например для "XX" будут пропущены два символа.
- Если вы хотите получить в результате кавычки, перед ними нужно добавить обратную косую черту, например так: '\"YYYY Month\"'.
- 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.
- 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('200001131', 'YYYYMMDD') (с годом 20000) год будет интерпретирован как состоящий из 4 цифр; чтобы исправить ситуацию, нужно добавить нециф-

ровой разделитель после года, как в `to_date('20000-1131', 'YYYY-MMDD')`, или код как в `to_date('20000Nov31', '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` and `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 9.26.

**Таблица 9.26. Коды форматирования чисел**

| Код | Описание |
|---|---|
| `9` | позиция цифры (может отсутствовать, если цифра незначащая) |

| Код | Описание |
|---|---|
| 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.)
- 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.
- 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 9.27.

**Таблица 9.27. 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 9.28 приведены некоторые примеры использования функции `to_char`.

**Таблица 9.28. 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'` |
| `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'` |

| Выражение | Результат |
|---|---|
| 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 9.30, а подробнее они описаны в следующих подразделах. Поведение основных арифметических операторов (+, * и т. д.) описано в Таблице 9.29. 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.

Все описанные ниже функции и операторы принимают две разновидности типов time или timestamp: с часовым поясом (time with time zone и timestamp with time zone) и без него (time without time zone и timestamp without time zone). Для краткости здесь они рассматриваются вместе. Кроме того, операторы + и * обладают переместительным свойством (например, date + integer = integer + date); здесь будет приведён только один вариант для каждой пары.

**Таблица 9.29. Операторы даты/времени**

| Оператор | Пример | Результат |
|---|---|---|
| + | date '2001-09-28' + integer '7' | date '2001-10-05' |
| + | date '2001-09-28' + interval '1 hour' | timestamp '2001-09-28 01:00:00' |
| + | date '2001-09-28' + time '03:00' | timestamp '2001-09-28 03:00:00' |
| + | interval '1 day' + interval '1 hour' | interval '1 day 01:00:00' |
| + | timestamp '2001-09-28 01:00' + interval '23 hours' | timestamp '2001-09-29 00:00:00' |
| + | time '01:00' + interval '3 hours' | time '04:00:00' |
| - | - interval '23 hours' | interval '-23:00:00' |
| - | date '2001-10-01' - date '2001-09-28' | integer '3' (дня) |
| - | date '2001-10-01' - integer '7' | date '2001-09-24' |
| - | date '2001-09-28' - interval '1 hour' | timestamp '2001-09-27 23:00:00' |
| - | time '05:00' - time '03:00' | interval '02:00:00' |

| Оператор | Пример | Результат |
|---|---|---|
| - | time '05:00' - interval '2 hours' | time '03:00:00' |
| - | timestamp '2001-09-28 23:00' - interval '23 hours' | timestamp '2001-09-28 00:00:00' |
| - | interval '1 day' - interval '1 hour' | interval '1 day -01:00:00' |
| - | timestamp '2001-09-29 03:00' - timestamp '2001-09-27 12:00' | interval '1 day 15:00:00' |
| * | 900 * interval '1 second' | interval '00:15:00' |
| * | 21 * interval '1 day' | interval '21 days' |
| * | double precision '3.5' * interval '1 hour' | interval '03:30:00' |
| / | interval '1 hour' / double precision '1.5' | interval '00:40:00' |

**Таблица 9.30. Функции даты/времени**

| Функция | Тип результата | Описание | Пример | Результат |
|---|---|---|---|---|
| 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 дату/время из current_date (полночь текущего дня) | age(timestamp '1957-06-13') | 43 years 8 mons 3 days (43 года 8 месяцев 3 дня) |
| clock_ timestamp() | timestamp with time zone | Текущая дата и время (меняется в процессе выполнения операторов); см. Подраздел 9.9.4 | | |
| current_date | date | Текущая дата; см. Подраздел 9.9.4 | | |
| current_time | time with time zone | Текущее время суток; см. Подраздел 9.9.4 | | |
| current_ timestamp | timestamp with time zone | Текущая дата и время (на момент начала транзакции); см. Подраздел 9.9.4 | | |
| date_part( text, timestamp) | double precision | Возвращает поле даты (равнозначно extract); см. Подраздел 9.9.1 | date_part( 'hour', timestamp | 20 |

| Функция | Тип результата | Описание | Пример | Результат |
|---|---|---|---|---|
| | | | '2001-02-16 20:38:40') | |
| date_part( text, interval) | double precision | Возвращает поле даты (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. также Подраздел 9.9.2 | date_trunc( 'hour', timestamp '2001-02-16 20:38:40') | 2001-02-16 20:00:00 |
| date_trunc( text, interval) | interval | Отсекает компоненты даты до заданной точности; см. также 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; см. Подраздел 9.9.1 | extract(hour from timestamp '2001-02-16 20:38:40') | 20 |
| extract( *field* from interval) | double precision | Возвращает поле даты; 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 '2001-02-16 21:28:30') | true |
| isfinite( interval) | boolean | Проверяет конечность интервала | isfinite( interval '4 hours') | true |
| justify_days( interval) | interval | Преобразует интервал так, что каждый 30-дневный период считается одним месяцем | justify_days( interval '35 days') | 1 mon 5 days (1 месяц 5 дней) |
| justify_hours( interval) | interval | Преобразует интервал так, что каждый 24-часовой период считается одним днём | justify_hours( interval '27 hours') | 1 day 03:00:00 ( 1 день 03:00:00) |
| justify_ interval( interval) | interval | Преобразует интервал с применением justify_ days и justify_ hours и дополни- | justify_ interval( interval '1 mon -1 hour') | 29 days 23:00:00 (29 дней 23:00:00) |

| Функция | Тип результата | Описание | Пример | Результат |
|---|---|---|---|---|
| | | тельно корректирует знаки | | |
| localtime | time | Текущее время суток; см. Подраздел 9.9.4 | | |
| localtimestamp | timestamp | Текущая дата и время (на момент начала транзакции); см. Подраздел 9.9.4 | | |
| 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 DEFAULT 0, *months* int DEFAULT 0, *weeks* int DEFAULT 0, *days* int DEFAULT 0, *hours* int DEFAULT 0, *mins* int DEFAULT 0, *secs* double precision DEFAULT 0.0) | interval | Образует интервал из полей: years (годы), months (месяцы), weeks (недели), days (дни), hours (часы), minutes (минуты) и secs (секунды) | 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. | 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 | | |

| Функция | Тип результата | Описание | Пример | Результат |
|---|---|---|---|---|
| | | начала транзакции); см. Подраздел 9.9.4 | | |
| statement_timestamp() | timestamp with time zone | Текущая дата и время (на момент начала текущего оператора); см. Подраздел 9.9.4 | | |
| timeofday() | text | Текущая дата и время (как clock_timestamp , но в виде строки типа text); см. Подраздел 9.9.4 | | |
| transaction_timestamp() | timestamp with time zone | Текущая дата и время (на момент начала транзакции); см. Подраздел 9.9.4 | | |
| to_timestamp( double precision) | timestamp with time zone | Преобразует время эпохи Unix ( число секунд с 1970-01-01 00:00:00+00) в стандартное время | 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 дате со временем типа timestamp with time zone значения interval (или при вычитании из него interval), поле дней в этой дате увеличивается (или уменьшается) на указан-

ное число дней. 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 `CST7CDT` результатом выражения `timestamp with time zone '2005-04-02 12:00-07' + interval '1 day'` будет `timestamp with time zone '2005-04-03 12:00-06'`, тогда как, если добавить `interval '24 hours'` к тому же значению `timestamp with time zone`, в результате получится `timestamp with time zone '2005-04-03 13:00-06'`. Эта разница объясняется тем, что `2005-04-03 02:00` в часовом поясе `CST7CDT` 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(`*`field`* `FROM` *`source`*`)`

Функция `extract` получает из значений даты/времени поля, такие как год или час. Здесь *`источник`* — значение типа `timestamp`, `time` или `interval`. (Выражения типа `date` приводятся к типу `timestamp`, так что допускается и этот тип.) Указанное *`поле`* представляет собой идентификатор, по которому из источника выбирается заданное поле. Функция `extract` возвращает значения типа `double precision`. Допустимые поля:

`century`

Век:

```
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
```

Первый век начался 0001-01-01 00:00:00, хотя люди в то время и не считали так. Это определение распространяется на все страны с григорианским календарём. Века с номером 0 нет было; считается, что 1 наступил после -1. Если такое положение вещей вас не устраивает, направляйте жалобы по адресу: Ватикан, Собор Святого Петра, Папе.

day

Для значений timestamp это день месяца (1 - 31), для значений interval — число 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 (может быть отрицательным); для значений date и timestamp это число секунд с 1970-01-01 00:00:00 по местному времени, а для interval — общая длительность интервала в секундах

```
SELECT EXTRACT(EPOCH FROM TIMESTAMP WITH TIME ZONE
 '2001-02-16 20:38:40.12-08');
Результат:982384720.12

SELECT EXTRACT(EPOCH FROM INTERVAL '5 days 3 hours');
Результат:442800
```

Преобразовать время эпохи назад, в значение дата/время, с помощью to_timestamp можно так:

```
SELECT to_timestamp(982384720.12);
Результат:2001-02-17 04:38:40.12+00
```

hour

Час (0 - 23)

```
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 по недельному календарю ISO 8601, в который попадает дата (неприменимо к интервалам)

```
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`.

Этого поля не было в PostgreSQL до версии 8.3.

`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

```
SELECT EXTRACT(MILLENNIUM FROM TIMESTAMP '2001-02-16 20:38:40');
Результат:3
```

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`

Для значений `timestamp` это номер месяца в году (1 - 12), а для `interval` — остаток от деления числа месяцев на 12 (в интервале 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 года (1 - 4), к которому относится дата

```
SELECT EXTRACT(QUARTER FROM TIMESTAMP '2001-02-16 20:38:40');
Результат:1
```

`second`

Секунды, включая дробную часть (0 - 59[1])

[1] 60, если операционная система поддерживает секунды координации

```
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
```

> **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)
```

Здесь *значение* — это выражение типа timestamp или interval. (Значения типов date и time автоматически приводятся к типам timestamp и interval, соответственно.) Параметр *поле* определяет, до какой точности обрезать переданное значение. Возвращаемое значение будет иметь тип timestamp или interval и все его значения, менее значимые, чем заданное поле, будут равны нулю (или единице, 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
```

Примеры:

```
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
```

### 9.9.3. AT TIME ZONE

Указание AT TIME ZONE позволяет переводить дату/время *без часового пояса* в дату/время *с часовым поясом* и обратно, а также пересчитывать значения *времени* для различных часовых поясов. Все разновидности этого указания проиллюстрированы в Таблице 9.31.

**Таблица 9.31. Разновидности AT TIME ZONE**

| Выражение | Тип результата | Описание |
|---|---|---|
| timestamp without time zone AT TIME ZONE *часовой_пояс* | timestamp with time zone | Воспринимает заданное время *без указания часового пояса* как время в указанном часовом поясе |
| timestamp with time zone AT TIME ZONE *часовой_пояс* | timestamp without time zone | Переводит данное значение timestamp *с часовым поясом* в другой часовой пояс, но не сохраняет информацию о нём в результате |
| time with time zone AT TIME ZONE *часовой_пояс* | time with time zone | Переводит данное время *с часовым поясом* в другой часовой пояс |

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.

Примеры (в предположении, что местный часовой пояс 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 20:38:40-05' 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. Этот вариант позволяет хранить и выводить значения с часовым поясом, отличным от текущего. В третьем примере время в часовом поясе Токио пересчитывается для часового пояса Чикаго. При переводе значений *времени* без даты в другие часовые пояса используются определения часовых поясов, действующие в данный момент.

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: 2001-12-23

SELECT CURRENT_TIMESTAMP;
Результат: 2001-12-23 14:39:53.662522-05

SELECT CURRENT_TIMESTAMP(2);
```

```
Результат: 2001-12-23 14:39:53.66-05

SELECT LOCALTIMESTAMP;
Результат: 2001-12-23 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 первой команде транзакции, но в последующих их показания будут расходиться. Функция `clock_timestamp()` возвращает фактическое текущее время, так что её значение меняется в рамках одной команды 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';  -- не подходит для DEFAULT
```

> **Подсказка**
>
> Третья форма не подходит для указания в качестве значения `DEFAULT` при создании таблицы. Система преобразует `now` в значение `timestamp` в момент разбора константы, поэтому, когда будет вставляться значение по умолчанию, в соответствующем столбце окажется время создания таблицы! Первые две формы не будут вычисляться, пока не потребуется значение по умолчанию, так как это вызовы функции. Поэтому они дадут желаемый результат при добавлении строки в таблицу.

## 9.9.5. Задержка выполнения

В случае необходимости вы можете приостановить выполнение серверного процесса, используя следующие функции:

```
pg_sleep(сек)
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 (*сек*). Параметр *сек* имеет тип `double precision`, так что в нём можно указать и дробное число. Функция `pg_sleep_for` введена для удобства, ей можно передать большие значения задержки в типе `interval`. А `pg_sleep_until` удобнее использовать, когда необходимо 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 9.32. В этих примерах подразумевается, что перечисление создано так:

```
CREATE TYPE rainbow AS ENUM ('red', 'orange', 'yellow', 'green',
 'blue', 'purple');
```

**Таблица 9.32. Функции для перечислений**

| Функция | Описание | Пример | Результат примера |
|---|---|---|---|
| `enum_first(anyenum)` | Возвращает первое значение заданного перечисления | `enum_first(null::rainbow)` | `red` |
| `enum_last(anyenum)` | Возвращает последнее значение заданного перечисления | `enum_last(null::rainbow)` | `purple` |
| `enum_range(anyenum)` | Возвращает все значения заданного перечисления в упорядоченном массиве | `enum_range(null::rainbow)` | `{red,orange,yellow,green,blue,purple}` |
| `enum_range(anyenum, anyenum)` | Возвращает набор значений, лежащих между двумя заданными, в виде упорядоченного массива. Эти значения должны принадлежать одному перечислению. Если первый параметр равен NULL, функция | `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}` |

| Функция | Описание | Пример | Результат примера |
|---|---|---|---|
| | возвращает первое значение перечисления, а если NULL второй — последнее. | | |

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 показано 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 9.33, Таблице 9.34 и Таблице 9.35.

> **Внимание**
>
> Заметьте, что оператор «идентичности», `~=`, представляет обычное сравнение на равенство значений `point`, `box`, `polygon` и `circle`. Для некоторых из этих типов определён также оператор `=`, но `=` проверяет только равенство *площадей*. Другие скалярные операторы сравнения (`<=` и т. д.) так же сравнивают площади значений этих типов.

**Таблица 9.33. Геометрические операторы**

| Оператор | Описание | Пример |
|---|---|---|
| `+` | Сдвиг | `box '((0,0),(1,1))' + point '(2.0,0)'` |
| `-` | Сдвиг | `box '((0,0),(1,1))' - point '(2.0,0)'` |
| `*` | Масштабирование/поворот | `box '((0,0),(1,1))' * point '(2.0,0)'` |
| `/` | Масштабирование/поворот | `box '((0,0),(2,2))' / point '(2.0,0)'` |
| `#` | Точка или прямоугольник в пересечении | `box '((1,-1),(-1,1))' # box '((1,1),(-2,-2))'` |
| `#` | Число точек в пути или вершин в многоугольнике | `# path '((1,0),(0,1),(-1,0))'` |
| `@-@` | Длина, периметр или длина окружности | `@-@ path '((0,0),(1,0))'` |
| `@@` | Центр | `@@ circle '((0,0),10)'` |
| `##` | Точка, ближайшая к первому операнду и принадлежащая второму | `point '(0,0)' ## lseg '((2,0),(0,2))'` |
| `<->` | Расстояние между операндами | `circle '((0,0),1)' <-> circle '((5,0),1)'` |
| `&&` | Пересекаются ли операнды? (Для положительного ответа достаточно одной общей точки.) | `box '((0,0),(1,1))' && box '((0,0),(2,2))'` |
| `<<` | Строго слева? | `circle '((0,0),1)' << circle '((5,0),1)'` |

| Оператор | Описание | Пример |
|---|---|---|
| >> | Строго справа? | circle '((5,0),1)' >> circle '((0,0),1)' |
| &< | Не простирается правее? | box '((0,0),(1,1))' &< box '((0,0),(2,2))' |
| &> | Не простирается левее? | box '((0,0),(3,3))' &> box '((0,0),(2,2))' |
| <<\| | Строго ниже? | box '((0,0),(3,3))' <<\| box '((3,4),(5,5))' |
| \|>> | Строго выше? | box '((3,4),(5,5))' \|>> box '((0,0),(3,3))' |
| &<\| | Не простирается выше? | box '((0,0),(1,1))' &<\| box '((0,0),(2,2))' |
| \|&> | Не простирается ниже? | box '((0,0),(3,3))' \|&> box '((0,0),(2,2))' |
| <^ | Ниже (может касаться)? | circle '((0,0),1)' <^ circle '((0,5),1)' |
| >^ | Выше (может касаться)? | circle '((0,5),1)' >^ circle '((0,0),1)' |
| ?# | Пересекает? | lseg '((-1,0),(1,0))' ?# box '((-2,-2),(2,2))' |
| ?- | Горизонтальный объект? | ?- lseg '((-1,0),(1,0))' |
| ?- | Выровнены по горизонтали? | point '(1,0)' ?- point '(0,0)' |
| ?\| | Вертикальный объект? | ?\| lseg '((-1,0),(1,0))' |
| ?\| | Выровнены по вертикали? | point '(0,1)' ?\| point '(0,0)' |
| ?-\| | Перпендикулярны? | lseg '((0,0),(0,1))' ?-\| lseg '((0,0),(1,0))' |
| ?\|\| | Параллельны? | lseg '((-1,0),(1,0))' ?\|\| lseg '((-1,2),(1,2))' |
| @> | Первый объект включает второй? | circle '((0,0),2)' @> point '(1,1)' |
| <@ | Первый объект включён во второй? | point '(1,1)' <@ circle '((0,0),2)' |
| ~= | Одинаковы? | polygon '((0,0),(1,1))' ~= polygon '((1,1),(0,0))' |

## 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 9.34. Геометрические функции**

| Функция | Тип результата | Описание | Пример |
|---|---|---|---|
| `area( объект)` | `double precision` | площадь | `area(box '((0,0),(1,1))')` |
| `center( объект)` | `point` | центр | `center(box '((0,0),(1,2))')` |
| `diameter( circle)` | `double precision` | диаметр круга | `diameter(circle '((0,0),2.0)')` |
| `height( box)` | `double precision` | вертикальный размер прямоугольника | `height(box '((0,0),(1,1))')` |
| `isclosed( path)` | `boolean` | замкнутый путь? | `isclosed(path '((0,0),(1,1),(2,0))')` |
| `isopen( path)` | `boolean` | открытый путь? | `isopen(path '[(0,0),(1,1),(2,0)]')` |
| `length( объект)` | `double precision` | длина | `length(path '((-1,0),(1,0))')` |
| `npoints( path)` | `int` | число точек | `npoints(path '[(0,0),(1,1),(2,0)]')` |
| `npoints( polygon)` | `int` | число точек | `npoints(polygon '((1,1),(0,0))')` |
| `pclose( path)` | `path` | преобразует путь в замкнутый | `pclose(path '[(0,0),(1,1),(2,0)]')` |
| `popen( path)` | `path` | преобразует путь в открытый | `popen(path '((0,0),(1,1),(2,0))')` |
| `radius( circle)` | `double precision` | радиус окружности | `radius(circle '((0,0),2.0)')` |
| `width( box)` | `double precision` | горизонтальный размер прямоугольника | `width(box '((0,0),(1,1))')` |

**Таблица 9.35. Функции преобразования геометрических типов**

| Функция | Тип результата | Описание | Пример |
|---|---|---|---|
| `box( circle)` | `box` | окружность в прямоугольник | `box(circle '((0,0),2.0)')` |
| `box( point)` | `box` | точка в пустой прямоугольник | `box(point '(0,0)')` |
| `box( point, point)` | `box` | точки в прямоугольник | `box(point '(0,0)', point '(1,1)')` |

| **Функция** | **Тип результата** | **Описание** | **Пример** |
|---|---|---|---|
| box( polygon) | box | многоугольник в прямоугольник | box(polygon '((0,0),(1,1),(2,0))') |
| bound_box( box, box) | box | прямоугольники в окружающий прямоугольник | bound_box(box '((0,0),(1,1))', box '((3,3),(4,4))') |
| circle( box) | circle | прямоугольник в окружность | circle(box '((0,0),(1,1))') |
| circle( point, double precision) | circle | окружность из центра и радиуса | circle(point '(0,0)', 2.0) |
| circle( polygon) | circle | многоугольник в окружность | circle(polygon '((0,0),(1,1),(2,0))') |
| line( point, point) | line | точки в прямую | line(point '(-1,0)', point '(1,0)') |
| lseg( box) | lseg | диагональ прямоугольника в отрезок | lseg(box '((-1,0),(1,0))') |
| lseg( point, point) | lseg | точки в отрезок | lseg(point '(-1,0)', point '(1,0)') |
| path( polygon) | path | многоугольник в путь | path(polygon '((0,0),(1,1),(2,0))') |
| point( double precision, double precision) | point | образует точку | point(23.4, -44.5) |
| point( box) | point | центр прямоугольника | point(box '((-1,0),(1,0))') |
| point( circle) | point | центр окружности | point(circle '((0,0),2.0)') |
| point( lseg) | point | центр отрезка | point(lseg '((-1,0),(1,0))') |
| point( polygon) | point | центр многоугольника | point(polygon '((0,0),(1,1),(2,0))') |
| polygon( box) | polygon | прямоугольник в многоугольник с 4 вершинами | polygon(box '((0,0),(1,1))') |
| polygon( circle) | polygon | круг в многоугольник с 12 вершинами | polygon(circle '((0,0),2.0)') |
| polygon( *число_точек*, circle) | polygon | окружность с заданным *числом_точек* | polygon(12, circle '((0,0),2.0)') |
| polygon( path) | polygon | путь в многоугольник | polygon(path '((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.

Функция area работает с типами box, circle и path. При этом для типа path заданный путь не должен быть самопересекающимся. Например, эта функция не примет значение типа path '((0,0),(0,1),(2,1),(2,2),(1,2),(1,0),(0,0))'::PATH, но примет визуально идентичный путь '((0,0),(0,1),(1,1),(1,2),(2,2),(2,1),(1,1),(1,0),(0,0))'::PATH. Если вы не вполне поняли, что здесь подразумевается под самопересечением пути, нарисуйте на бумаге две фигуры по приведённым координатам.

# 9.12. Функции и операторы для работы с сетевыми адресами

В Таблица 9.36 показаны операторы, работающие с типами cidr и inet. Операторы <<, <<=, >>, >>= и && проверяют включения подсетей, рассматривая только биты сети в обоих адресах (игнорируя биты узлов) и определяя, идентична ли одна сеть другой или её подсети.

**Таблица 9.36. Операторы для типов cidr и inet**

| Оператор | Описание | Пример |
|---|---|---|
| < | меньше | inet '192.168.1.5' < inet '192.168.1.6' |
| <= | меньше или равно | inet '192.168.1.5' <= inet '192.168.1.5' |
| = | равно | inet '192.168.1.5' = inet '192.168.1.5' |
| >= | больше или равно | inet '192.168.1.5' >= inet '192.168.1.5' |
| > | больше | inet '192.168.1.5' > inet '192.168.1.4' |
| <> | не равно | inet '192.168.1.5' <> inet '192.168.1.4' |
| << | содержится в | inet '192.168.1.5' << inet '192.168.1/24' |
| <<= | равно или содержится в | inet '192.168.1/24' <<= inet '192.168.1/24' |
| >> | содержит | inet '192.168.1/24' >> inet '192.168.1.5' |
| >>= | равно или содержит | inet '192.168.1/24' >>= inet '192.168.1/24' |
| && | содержит или содержится в | inet '192.168.1/24' && inet '192.168.1.80/28' |
| ~ | битовый NOT | ~ inet '192.168.1.6' |
| & | битовый AND | inet '192.168.1.6' & inet '0.0.0.255' |
| \| | битовый OR | inet '192.168.1.6' \| inet '0.0.0.255' |
| + | сложение | inet '192.168.1.6' + 25 |
| - | вычитание | inet '192.168.1.43' - 36 |

| Оператор | Описание | Пример |
|---|---|---|
| - | вычитание | inet '192.168.1.43' - inet '192.168.1.19' |

В Таблице 9.37 перечислены функции, работающие с типами cidr и inet. Функции abbrev, host и text предназначены в основном для вывода данных в альтернативных форматах.

**Таблица 9.37. Функции для типов cidr и inet**

| Функция | Тип результата | Описание | Пример | Результат |
|---|---|---|---|---|
| abbrev( inet) | text | вывод адрес в кратком текстовом виде | abbrev(inet '10.1.0.0/16') | 10.1.0.0/16 |
| abbrev( cidr) | text | вывод адрес в кратком текстовом виде | abbrev(cidr '10.1.0.0/16') | 10.1/16 |
| broadcast( inet) | inet | широковещательный адрес сети | broadcast( '192.168.1.5/24') | 192.168.1.255/24 |
| family( inet) | int | возвращает семейство адреса; 4 для адреса IPv4, 6 для IPv6 | family('::1') | 6 |
| host( inet) | text | извлекает IP-адрес в виде текста | host( '192.168.1.5/24') | 192.168.1.5 |
| hostmask( inet) | inet | вычисляет маску узла для сетевого адреса | hostmask( '192.168.23.20/30') | 0.0.0.3 |
| masklen( inet) | int | выдаёт длину маски сети | masklen( '192.168.1.5/24') | 24 |
| netmask( inet) | inet | вычисляет маску сети для сетевого адреса | netmask( '192.168.1.5/24') | 255.255.255.0 |
| network( inet) | cidr | извлекает компонент сети из адреса | network( '192.168.1.5/24') | 192.168.1.0/24 |
| set_masklen( inet, int) | inet | задаёт размер маски для значения inet | set_masklen( '192.168.1.5/24', 16) | 192.168.1.5/16 |
| set_masklen( cidr, int) | cidr | задаёт размер маски для значения cidr | set_masklen( '192.168.1.0/24'::cidr, 16) | 192.168.0.0/16 |
| text( inet) | text | выводит в текстовом виде IP-адрес и длину маски | text(inet '192.168.1.5') | 192.168.1.5/32 |
| inet_same_family( inet, inet) | boolean | адреса относятся к одному семейству? | inet_same_family( '192.168.1.5/24', '::1') | false |

| Функция | Тип результата | Описание | Пример | Результат |
|---|---|---|---|---|
| `inet_merge( inet, inet)` | `cidr` | наименьшая сеть, включающая обе заданные сети | `inet_merge( '192.168.1.5/24', '192.168.2.5/24')` | `192.168.0.0/22` |

Любое значение `cidr` можно привести к типу `inet`, явно или нет; поэтому все функции, показанные выше с типом `inet`, также будут работать со значениями `cidr`. (Некоторые из функций указаны отдельно для типов `inet` и `cidr`, потому 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`. К типам `inet` и `cidr` можно привести и обычные текстовые значения, используя обычный синтаксис, например: `inet(`*выражение*`)` или *столбец*`::cidr`.

В Таблице 9.38 приведена функция, предназначенная для работы с типом `macaddr`. Функция `trunc(macaddr)` возвращает MAC-адрес, последние 3 байта в котором равны 0. Это может быть полезно для вычисления префикса, определяющего производителя.

**Таблица 9.38. Функции `macaddr`**

| Функция | Тип результата | Описание | Пример | Результат |
|---|---|---|---|---|
| `trunc( macaddr)` | `macaddr` | обнуляет последние 3 байта | `trunc(macaddr '12:34:56:78:90:ab')` | `12:34:56:00:00:00` |

Тип `macaddr` также поддерживает стандартные реляционные операторы лексической сортировки (`>`, `<=` и т. д.) и операторы битовой арифметики (`~`, `&` и `|`), соответствующие операциям NOT, AND и OR.

В Таблице 9.39 приведены функции, предназначенные для работы с типом `macaddr8`. Функция `trunc(macaddr8)` возвращает MAC-адрес, последние 5 байт в котором равны нулю. Это может быть полезно для вычисления префикса, определяющего производителя.

**Таблица 9.39. Функции `macaddr8`**

| Функция | Тип результата | Описание | Пример | Результат |
|---|---|---|---|---|
| `trunc( macaddr8)` | `macaddr8` | обнуляет последние 5 байт | `trunc(macaddr8 '12:34:56:78:90:ab:cd:ef')` | `12:34:56:00:00:00:00:0` |
| `macaddr8_ set7bit( macaddr8)` | `macaddr8` | устанавливает в 7 бите единицу, чтобы получить 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:e` |

Тип `macaddr8` также поддерживает стандартные реляционные операторы лексической сортировки (`>`, `<=` и т. д.) и операторы битовой арифметики (`~`, `&` и `|`), соответствующие операциям NOT, AND и OR.

# 9.13. Функции и операторы текстового поиска

В Таблице 9.40, Таблице 9.41 и Таблице 9.42 собраны все существующие функции и операторы, предназначенные для полнотекстового поиска. Во всех деталях возможности полнотекстового поиска в PostgreSQL описаны в Главе 12.

**Таблица 9.40. Операторы текстового поиска**

| Оператор | Тип результата | Описание | Пример | Результат |
|---|---|---|---|---|
| @@ | boolean | tsvector соответствует tsquery ? | to_tsvector( 'fat cats ate rats') @@ to_ tsquery('cat & rat') | t |
| @@@ | boolean | устаревший синоним для @@ | to_tsvector( 'fat cats ate rats') @@@ to_ tsquery('cat & rat') | t |
| \|\| | tsvector | объединяет два значения tsvector | 'a:1 b:2'::tsvector \|\| 'c:1 d:2 b:3'::tsvector | 'a':1 'b':2,5 'c':3 'd':4 |
| && | tsquery | логическое И ( AND) двух запросов tsquery | 'fat \| rat'::tsquery && 'cat'::tsquery | ( 'fat' \| 'rat' ) & 'cat' |
| \|\| | tsquery | логическое ИЛИ ( OR) двух запросов tsquery | 'fat \| rat'::tsquery \|\| 'cat'::tsquery | ( 'fat' \| 'rat' ) \| 'cat' |
| !! | tsquery | отрицание запроса tsquery | !! 'cat'::tsquery | !'cat' |
| <-> | tsquery | tsquery предшествует tsquery | to_tsquery( 'fat') <-> to_ tsquery('rat') | 'fat' <-> 'rat' |
| @> | boolean | запрос tsquery включает другой? | 'cat'::tsquery @> 'cat & rat'::tsquery | f |
| <@ | boolean | запрос tsquery включён в другой? | 'cat'::tsquery <@ 'cat & rat'::tsquery | t |

## Примечание

Операторы включения tsquery рассматривают только лексемы двух запросов, игнорируя операторы их сочетания.

В дополнение к операторам, перечисленным в этой таблице, для типов tsvector и tsquery определены обычные операторы сравнения для B-дерева (=, < и т. д.). Они не очень полезны для поиска, но позволяют, в частности, создавать индексы для столбцов этих типов.

**Таблица 9.41. Функции текстового поиска**

| Функция | Тип результата | Описание | Пример | Результат |
|---|---|---|---|---|
| array_to_ tsvector( text[]) | tsvector | преобразует массив лексем в tsvector | array_to_ tsvector( '{fat,cat, rat}'::text[]) | 'cat' 'fat' 'rat' |
| get_current_ ts_config() | regconfig | получает конфигурацию текстового | get_current_ ts_config() | english |

| Функция | Тип результата | Описание | Пример | Результат |
|---|---|---|---|---|
| | | поиска по умолчанию | | |
| length( tsvector) | integer | число лексем в значении tsvector | length('fat:2,4 cat:3 rat:5A'::tsvector) | 3 |
| numnode( tsquery) | integer | число лексем и операторов в запросе tsquery | numnode('(fat & rat) \| cat'::tsquery) | 5 |
| plainto_tsquery( [*конфигурация* regconfig ,] *запрос* text) | tsquery | выдаёт значение tsquery, игнорируя пунктуацию | plainto_tsquery( 'english', 'The Fat Rats') | 'fat' & 'rat' |
| phraseto_tsquery( [*конфигурация* regconfig ,] *запрос* text) | tsquery | выдаёт значение tsquery для поиска фразы, игнорируя пунктуацию | phraseto_tsquery( 'english', 'The Fat Rats') | 'fat' <-> 'rat' |
| querytree( *запрос* tsquery) | text | получает индексируемую часть запроса tsquery | querytree('foo & ! bar'::tsquery) | 'foo' |
| setweight( *вектор* tsvector, *вес* "char") | tsvector | назначает *вес* каждому элементу *вектора* | setweight( 'fat:2,4 cat:3 rat:5B'::tsvector, 'A') | 'cat':3A 'fat':2A,4A 'rat':5A |
| setweight( *вектор* tsvector, *вес* "char", *лексемы* text[]) | tsvector | назначает *вес* элементам *вектора*, перечисленным в массиве *лексемы* | setweight( 'fat:2,4 cat:3 rat:5B'::tsvector, 'A', '{cat, rat}') | 'cat':3A 'fat':2,4 'rat':5A |
| strip( tsvector) | tsvector | убирает позиции и веса из значения tsvector | strip('fat:2,4 cat:3 rat:5A'::tsvector) | 'cat' 'fat' 'rat' |
| to_tsquery( [*конфигурация* regconfig ,] *запрос* text) | tsquery | нормализует слова и переводит их в tsquery | to_tsquery( 'english', 'The & Fat & Rats') | 'fat' & 'rat' |
| to_tsvector( [*конфигурация* regconfig ,] *документ* text) | tsvector | сокращает текст документа до значения tsvector | to_tsvector( 'english', 'The Fat Rats') | 'fat':2 'rat':3 |
| to_tsvector( [*конфигурация* regconfig ,] *документ* json(b) ) | tsvector | сокращает каждое строковое значение в документе до значения tsvector, а затем складывает эти значения по порядку в документе и выдаёт один tsvector | to_tsvector( 'english', '{"a": "The Fat Rats"}'::json) | 'fat':2 'rat':3 |

| Функция | Тип результата | Описание | Пример | Результат |
|---|---|---|---|---|
| ts_delete( *вектор* tsvector, *лексема* text) | tsvector | удаляет заданную *лексему* из *вектора* | ts_delete( 'fat:2,4 cat:3 rat:5A'::tsvector, 'fat') | 'cat':3 'rat':5A |
| ts_delete( *вектор* tsvector, *лексемы* text[]) | tsvector | удаляет все вхождения лексем, перечисленных в массиве *лексемы*, из *вектора* | ts_delete( 'fat:2,4 cat:3 rat:5A'::tsvector, ARRAY['fat', 'rat']) | 'cat':3 |
| ts_filter( *вектор* tsvector, *веса* "char"[]) | tsvector | выбирает из *вектора* только элементы с заданным *весом* | ts_filter( 'fat:2,4 cat:3b rat:5A'::tsvector, '{a,b}') | 'cat':3B 'rat':5A |
| ts_headline( [*конфигурация* regconfig,] *документ* text, *запрос* tsquery [, *параметры* text]) | text | выводит фрагмент, соответствующий запросу | ts_headline('x y z', 'z'::tsquery) | x y z |
| ts_headline( [*конфигурация* regconfig,] *документ* json(b) , *запрос* tsquery [, *параметры* text]) | text | выводит фрагмент, соответствующий запросу | ts_headline( '{"a":"x y z"}'::json, 'z'::tsquery) | {"a":"x y z"} |
| ts_rank([ *веса* float4[],] *вектор* tsvector, *запрос* tsquery [, *нормализация* integer]) | float4 | вычисляет ранг документа по отношению к запросу | ts_rank( textsearch, query) | 0.818 |
| ts_rank_cd( [*веса* float4[],] *вектор* tsvector, *запрос* tsquery [, *нормализация* integer]) | float4 | вычисляет ранг документа по отношению к запросу, используя плотность покрытия (CDR) | ts_rank_cd( '{0.1, 0.2, 0.4, 1.0}', textsearch, query) | 2.01317 |
| ts_rewrite( *запрос* tsquery, *цель* tsquery, *замена* tsquery) | tsquery | подставляет в запросе вместо *цели замену* | ts_rewrite('a & b'::tsquery, 'a'::tsquery, 'foo\| bar'::tsquery) | 'b' & ( 'foo' \| 'bar' ) |
| ts_rewrite( *запрос* tsquery, *выборка* text) | tsquery | заменяет элементы запроса, выбирая цели и подстановки командой SELECT | SELECT ts_rewrite('a & b'::tsquery, 'SELECT t,s FROM aliases') | 'b' & ( 'foo' \| 'bar' ) |
| tsquery_ phrase( *запрос1* | tsquery | создаёт запрос, который ищет *запрос1*, за кото- | tsquery_phrase( to_tsquery( 'fat'), to_ | 'fat' <-> 'cat' |

| Функция | Тип результата | Описание | Пример | Результат |
|---|---|---|---|---|
| tsquery, *запрос2* tsquery) | | рым идёт *запрос2* ( как делает оператор <->) | tsquery( 'cat')) | |
| tsquery_ phrase( *запрос1* tsquery, *запрос2* tsquery, *расстояние* integer) | tsquery | создаёт запрос, который ищет *запрос1*, за которым идёт *запрос2* на заданном *расстоянии* | 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} |
| tsvector_ update_ trigger() | trigger | триггерная функция для автоматического изменения столбца типа tsvector | CREATE TRIGGER ... tsvector_ update_ trigger( tsvcol, 'pg_ catalog. swedish', title, body) | |
| tsvector_ update_ trigger_ column() | trigger | триггерная функция для автоматического изменения столбца типа tsvector | CREATE TRIGGER ... tsvector_ update_ trigger_ column(tsvcol, configcol, title, body) | |
| unnest( tsvector, OUT *лексема* text, OUT *позиции* smallint[], OUT *веса* text) | setof record | разворачивает tsvector в набор строк | unnest('fat:2, 4 cat:3 rat:5A'::tsvector) | (cat,{3}, {D}) ... |

## 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 9.42 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 9.42. Функции отладки текстового поиска**

| Функция | Тип результата | Описание | Пример | Результат |
|---|---|---|---|---|
| ts_debug( [*конфигурация* regconfig,] *до-* | setof record | проверяет конфигурацию | ts_debug( 'english', 'The | (asciiword, "Word, all ASCII",The,{ |

| Функция | Тип результата | Описание | Пример | Результат |
|---|---|---|---|---|
| *кумент* text, OUT *псевдоним* text, OUT *описание* text, OUT *фрагмент* text, OUT *словари* regdictionary[], OUT *словарь* regdictionary, OUT *лексемы* text[]) | | | Brightest supernovaes') | english_stem },english_ stem,{}) ... |
| ts_lexize( *словарь* regdictionary, *фрагмент* text) | text[] | проверяет словарь | ts_lexize( 'english_ stem', 'stars') | {star} |
| ts_parse( *имя_ анализатора* text, *документ* text, OUT *код_фрагмента* integer, OUT *фрагмент* text) | setof record | проверяет анализатор | ts_parse( 'default', 'foo - bar') | (1,foo) ... |
| ts_parse( *oid_ анализатора* oid, *документ* text, OUT *код_фрагмента* integer, OUT *фрагмент* text) | setof record | проверяет анализатор | ts_parse(3722, 'foo - bar') | (1,foo) ... |
| ts_token_ type( *имя_ анализатора* text, OUT *код_ фрагмента* integer, OUT *псевдоним* text, OUT *описание* text) | setof record | получает типы фрагментов, определённые анализатором | ts_token_type( 'default') | (1,asciiword, "Word, all ASCII") ... |
| ts_token_ type( *oid_ анализатора* oid, OUT *код_фрагмента* integer, OUT *псевдоним* text, OUT *описание* text) | setof record | получает типы фрагментов, определённые анализатором | ts_token_type( 3722) | (1,asciiword, "Word, all ASCII") ... |
| ts_stat( *sql_ запрос* text, [*веса* text, ] OUT *слово* text, OUT *число_док* integer, | setof record | получает статистику столбца tsvector | ts_stat( 'SELECT vector from apod') | (foo,10, 15) ... |

| Функция | Тип результата | Описание | Пример | Результат |
|---|---|---|---|---|
| OUT *число_вхожд* integer) | | | | |

# 9.14. 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.

## 9.14.1. 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.

### 9.14.1.1. xmlcomment

xmlcomment(*текст*)

Функция xmlcomment создаёт XML-значение, содержащее XML-комментарий с заданным текстом. Этот текст не должен содержать «--» или заканчиваться знаком «-», чтобы результирующая конструкция была допустимой в XML. Если аргумент этой функции NULL, результатом её тоже будет NULL.

Пример:

```
SELECT xmlcomment('hello');

  xmlcomment
--------------
 <!--hello-->
```

### 9.14.1.2. xmlconcat

xmlconcat(*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/>
```

### 9.14.1.3. xmlelement

```
xmlelement(name имя [, xmlattributes(значение [AS атрибут] [, ...])]
  [, содержимое, ...])
```

Выражение `xmlelement` создаёт XML-элемент с заданным именем, атрибутами и содержимым.

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.

### 9.14.1.4. `xmlforest`

```
xmlforest(содержимое [AS имя] [, ...])
```

Выражение `xmlforest` создаёт последовательность XML-элементов с заданными именами и содержимым.

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`.

### 9.14.1.5. `xmlpi`

```
xmlpi(name цель [, содержимое])
```

Выражение xmlpi создаёт инструкцию обработки XML. Содержимое, если оно задано, не должно содержать последовательность символов ?>.

Пример:

```
SELECT xmlpi(name php, 'echo "hello world";');

            xmlpi
-----------------------------
 <?php echo "hello world";?>
```

### 9.14.1.6. xmlroot

```
xmlroot(xml, version текст | нет значения [, standalone yes|no|нет значения])
```

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>
```

### 9.14.1.7. xmlagg

```
xmlagg(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 9.20.

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 Подраздел 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>
```

## 9.14.2. Условия с XML

Описанные в этом разделе выражения проверяют свойства значений `xml`.

### 9.14.2.1. `IS DOCUMENT`

```
xml IS DOCUMENT
```

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.

### 9.14.2.2. `IS NOT DOCUMENT`

```
xml IS NOT DOCUMENT
```

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.

### 9.14.2.3. `XMLEXISTS`

```
XMLEXISTS(текст
 PASSING [BY REF] xml [BY REF])
```

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 REF '<towns><town>Toronto</
town><town>Ottawa</town></towns>');

 xmlexists
------------
 t
(1 row)
```

PostgreSQL принимает предложение `BY REF`, но игнорирует его, 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.

### 9.14.2.4. `xml_is_well_formed`

```
xml_is_well_formed(текст)
xml_is_well_formed_document(текст)
xml_is_well_formed_content(текст)
```

Эти функции проверяют, является ли `текст` правильно оформленным 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 содержание. 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.

## 9.14.3. 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`.

### 9.14.3.1. `xpath`

`xpath(`*`xpath`*`, `*`xml`*` [, `*`nsarray`*`])`

Функция `xpath` вычисляет выражение XPath 1.0 в аргументе *`xpath`* (типа `text`) для заданного *`xml`*. Она возвращает массив XML-значений с набором узлов, полученных при вычислении выражения XPath. Если выражение XPath выдаёт не набор узлов, а скалярное значение, возвращается массив из одного элемента.

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)
```

### 9.14.3.2. xpath_exists

```
xpath_exists(xpath, xml [, nsarray])
```

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)
```

### 9.14.3.3. xmltable

```
xmltable( [XMLNAMESPACES(URI пространства имён AS имя пространства имён[, ...]),]
          выражение_строки PASSING [BY REF] выражение_документа [BY REF]
          COLUMNS имя { тип [PATH выражение_столбца] [DEFAULT выражение_по_умолчанию]
 [NOT NULL | NULL]
                        | FOR ORDINALITY }
                  [, ...]
)
```

Функция xmltable строит таблицу из данного XML-значения по фильтру XPath, извлекающему строки, используя набор определений столбцов.

Необязательное предложение XMLNAMESPACES задаёт разделённый запятыми список пространств имён. В нём определяются пространства имён XML и их псевдонимы. Определение пространства по умолчанию в настоящее время не поддерживается.

В обязательном аргументе *выражение_строки* передаётся выражение XPath 1.0, которое будет вычисляться для передаваемого в аргументе *выражение_документа* элемента контекста и результатом которого будет набор узлов XML. Эти узлы `xmltable` преобразует в выходные строки. Если *выражение_документа* — NULL или 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. Предложение `BY REF` принимается, но игнорируется, о чём рассказывается в Подразделе D.3.2. Согласно стандарту SQL, функция `xmltable` должна вычислять выражение, используя средства языка XML Query, но PostgreSQL воспринимает только выражения XPath 1.0, что освещается в Подразделе D.3.1.

В обязательном предложении `COLUMNS` задаётся список столбцов в выходной таблице. Каждый элемент этого предложения описывает один столбец. Формат этого предложения показан выше в примере синтаксиса. Имя столбца и его тип должны задаваться обязательно: 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. В данной версии логический или числовой результат XPath должен явно приводиться к строковому типу (то есть исходное выражение столбца нужно обернуть в вызов функции `string` языка XPath 1.0); в этом случае PostgreSQL сможет успешно присвоить строку результирующему столбцу в SQL, имеющему логический или числовой тип. Эти правила преобразования отличаются от описанных в стандарте, о чём рассказывается в Подразделе D.3.1.3.

В текущей версии результирующие столбцы SQL, имеющие тип `xml`, или XPath-выражения столбцов, выдающие типы XML, вне зависимости от типа выходного столбца SQL, обрабатываются как описано в Подразделе D.3.2; в PostgreSQL 12 это поведение значительно изменилось.

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.

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.

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 выра-

жение 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`.

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   bbbCC
```

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)
```

## 9.14.4. Отображение таблиц в XML

Следующие функции отображают содержимое реляционных таблиц в значения XML. Их можно рассматривать как средства экспорта в XML:

```
table_to_xml(tbl regclass, nulls boolean, tableforest boolean, targetns text)
query_to_xml(query text, nulls boolean, tableforest boolean, targetns text)
cursor_to_xml(cursor refcursor, count int, nulls boolean,
              tableforest boolean, targetns text)
```

Результат всех этих функций имеет тип `xml`.

`table_to_xml` отображает в xml содержимое таблицы, имя которой задаётся в параметре *`tbl`*. 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(tbl regclass, nulls boolean, tableforest boolean,
  targetns text)
query_to_xmlschema(query text, nulls boolean, tableforest boolean,
  targetns text)
cursor_to_xmlschema(cursor refcursor, nulls boolean, tableforest boolean,
  targetns text)
```

Чтобы результаты отображения данных в XML соответствовали XML-схемам, важно, чтобы паре функций 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(tbl regclass, nulls boolean, tableforest boolean,
```

```
  targetns text)
query_to_xml_and_xmlschema(query text, nulls boolean, tableforest boolean,
  targetns text)
```

В дополнение к ним есть следующие функции, способные выдать аналогичные представления для целых схем в базе данных или даже всей текущей базы данных:

```
schema_to_xml(schema name, nulls boolean, tableforest boolean,
  targetns text)
schema_to_xmlschema(schema name, nulls boolean, tableforest boolean,
  targetns text)
schema_to_xml_and_xmlschema(schema name, nulls boolean, tableforest boolean,
  targetns text)

database_to_xml(nulls boolean, tableforest boolean, targetns text)
database_to_xmlschema(nulls boolean, tableforest boolean, targetns text)
database_to_xml_and_xmlschema(nulls boolean, tableforest boolean,
  targetns text)
```

Заметьте, что объём таких данных может быть очень большим, а XML будет создаваться 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_схемы>

<имя_схемы1>
  ...
</имя_схемы1>

<имя_схемы2>
  ...
</имя_схемы2>

...

</имя_схемы>
```

Здесь отображение схемы имеет вид, показанный выше.

В качестве примера, иллюстрирующего использование результата этих функций, на Рисунке 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.

**Рисунок 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>
```

# 9.15. Функции и операторы JSON

В Таблице 9.43 показаны операторы, позволяющие работать с двумя типами данных JSON (см. Раздел 8.14).

**Таблица 9.43. Операторы для типов `json` и `jsonb`**

| Оператор | Тип правого операнда | Описание | Пример | Результат примера |
|---|---|---|---|---|
| `->` | `int` | Выдаёт элемент массива JSON (по номеру от 0, отрицательные числа задают позиции с конца) | `'[{"a":"foo"}, {"b":"bar"}, {"c":"baz"}]'::json->2` | `{"c":"baz"}` |
| `->` | `text` | Выдаёт поле объекта JSON по ключу | `'{"a": {"b":"foo"}}'::json->'a'` | `{"b":"foo"}` |
| `->>` | `int` | Выдаёт элемент массива JSON в типе `text` | `'[1,2,3]'::json->>2` | `3` |
| `->>` | `text` | Выдаёт поле объекта JSON в типе `text` | `'{"a":1, "b":2}'::json->>'b'` | `2` |
| `#>` | `text[]` | Выдаёт объект JSON по заданному пути | `'{"a": {"b": {"c": "foo"}}}'::json#>'{a, b}'` | `{"c": "foo"}` |
| `#>>` | `text[]` | Выдаёт объект JSON по заданному пути в типе `text` | `'{"a":[1,2,3], "b":[4,5,6]}'::json#>>'{a, 2}'` | `3` |

> **Примечание**
>
> Эти операторы существуют в двух вариациях для типов `json` и `jsonb`. Операторы извлечения поля/элемента/пути возвращают тот же тип, что у операнда слева (`json` или `jsonb`), за исключением тех, что возвращают тип `text` (они возвращают значение как текстовое). Если входные данные JSON не содержат структуры, удовлетворяющей запросу, например в них нет искомого элемента, то операторы извлечения поля/элемента/пути не выдают ошибку, а возвращают NULL. Все операторы извлечения поля/элемента/пути, принимающие целочисленные позиции в массивах JSON, поддерживают и отсчёт от конца массива по отрицательной позиции.

Стандартные операторы сравнения, приведённые в Таблице 9.1, есть для типа `jsonb`, но не для `json`. Они следуют правилам сортировки для операций B-дерева, описанным в Подразделе 8.14.4.

Некоторые из следующих операторов существуют только для `jsonb`, как показано в Таблице 9.44. Многие из этих операторов могут быть проиндексированы с помощью классов операторов `jsonb`. Полное описание проверок на вхождение и существование для `jsonb` приведено в Подразделе 8.14.3. Как эти операторы могут использоваться для эффективного индексирования данных `jsonb`, описано в Подразделе 8.14.4.

**Таблица 9.44. Дополнительные операторы `jsonb`**

| Оператор | Тип правого операнда | Описание | Пример |
|---|---|---|---|
| `@>` | `jsonb` | Левое значение JSON содержит на верхнем | `'{"a":1, "b":2}'::jsonb @> '{"b":2}'::jsonb` |

| **Оператор** | **Тип правого операнда** | **Описание** | **Пример** |
|---|---|---|---|
| | | уровне путь/значение JSON справа? | |
| `<@` | `jsonb` | Путь/значение JSON слева содержится на верхнем уровне в правом значении JSON? | `'{"b":2}'::jsonb <@ '{"a":1, "b":2}'::jsonb` |
| `?` | `text` | Присутствует ли *строка* в качестве ключа верхнего уровня в значении JSON? | `'{"a":1, "b":2}'::jsonb ? 'b'` |
| `?\|` | `text[]` | Какие-либо *строки* массива присутствуют в качестве ключей верхнего уровня? | `'{"a":1, "b":2, "c":3}'::jsonb ?\| array['b', 'c']` |
| `?&` | `text[]` | Все *строки* массива присутствуют в качестве ключей верхнего уровня? | `'["a", "b"]'::jsonb ?& array['a', 'b']` |
| `\|\|` | `jsonb` | Соединяет два значения `jsonb` в новое значение `jsonb` | `'["a", "b"]'::jsonb \|\| '["c", "d"]'::jsonb` |
| `-` | `text` | Удаляет пару ключ/значение или элемент-*строку* из левого операнда. Пары ключ/значение выбираются по значению ключа. | `'{"a": "b"}'::jsonb - 'a'` |
| `-` | `text[]` | Удаляет множество пар ключ/значение или элементы-*строки* из левого операнда. Пары ключ/значение выбираются по значению ключа. | `'{"a": "b", "c": "d"}'::jsonb - '{a, c}'::text[]` |
| `-` | `integer` | Удаляет из массива элемент в заданной позиции (отрицательные номера позиций отсчитываются от конца). Выдаёт ошибку, если контейнер верхнего уровня — не массив. | `'["a", "b"]'::jsonb - 1` |
| `#-` | `text[]` | Удаляет поле или элемент с заданным путём (для массивов JSON отрицательные номера позиций отсчитываются от конца) | `'["a", {"b":1}]'::jsonb #- '{1,b}'` |

> **Примечание**
>
> Оператор `||` соединяет элементы верхнего уровня обоих операндов. Вложенность при этом не учитывается. Например, если оба операнда содержат поле с одноимённым ключом, значением поля в результате будет значение, взятое из правого операнда.

В Таблице 9.45 показаны функции, позволяющие создавать значения типов `json` и `jsonb`. (Для типа `jsonb` нет аналогов функций `row_to_json` и `array_to_json`, но практически тот же результат можно получить с помощью `to_jsonb`.)

**Таблица 9.45. Функции для создания JSON**

| Функция | Описание | Пример | Результат примера |
|---|---|---|---|
| `to_json(anyelement)`<br><br>`to_jsonb(anyelement)` | Возвращает значение в виде `json` или `jsonb`. Массивы и составные структуры преобразуются (рекурсивно) в массивы и объекты; для других типов, для которых определено приведение к `json`, применяется эта функция приведения, а для всех остальных выдаётся скалярное значение. Значения всех скалярных типов, кроме числового, логического и NULL, представляются в текстовом виде, в стиле, допустимом для значений `json` или `jsonb`. | `to_json('Fred said "Hi."'::text)` | `"Fred said \"Hi.\""` |
| `array_to_json(anyarray [, pretty_bool])` | Возвращает массив в виде массива JSON. Многомерный массив PostgreSQL становится массивом массивов JSON. Если параметр *pretty_bool* равен true, между элементами 1-ой размерности вставляются разрывы строк. | `array_to_json('{{1,5},{99,100}}'::int[])` | `[[1,5],[99,100]]` |
| `row_to_json(record [, pretty_bool])` | Возвращает кортеж в виде объекта JSON. Если параметр *pretty_bool* равен true, между элементами 1-ой размерности вставляются разрывы строк. | `row_to_json(row(1,'foo'))` | `{"f1":1,"f2":"foo"}` |
| `json_build_array(VARIADIC "any")` | Формирует массив JSON (возможно, разнородный) из переменного списка аргументов. | `json_build_array(1,2,'3',4,5)` | `[1, 2, "3", 4, 5]` |

| Функция | Описание | Пример | Результат примера |
|---|---|---|---|
| `jsonb_build_array( VARIADIC "any")` | | | |
| `json_build_object( VARIADIC "any")`<br><br>`jsonb_build_object( VARIADIC "any")` | Формирует объект JSON из переменного списка аргументов. По соглашению в этом списке перечисляются по очереди ключи и значения. | `json_build_object( 'foo',1,'bar',2)` | `{"foo": 1, "bar": 2}` |
| `json_object(text[])`<br><br>`jsonb_object( text[])` | 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. | `json_object('{a, 1, b, "def", c, 3.5}')`<br><br>`json_object('{{a, 1},{b, "def"}, {c, 3.5}}')` | `{"a": "1", "b": "def", "c": "3.5"}` |
| `json_object(keys text[], values text[])`<br><br>`jsonb_object(keys text[], values text[])` | Эта форма `json_object` принимает ключи и значения по парам из двух отдельных массивов. Во всех остальных отношениях она не отличается от формы с одним аргументом. | `json_object('{a, b}', '{1,2}')` | `{"a": "1", "b": "2"}` |

## Примечание

Функции `array_to_json` и `row_to_json` подобны `to_json`, но предлагают возможность улучшенного вывода. Действие `to_json`, описанное выше, распространяется на каждое отдельное значение, преобразуемое этими функциями.

## Примечание

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 9.46 показаны функции, предназначенные для работы со значениями `json` и `jsonb`.

**Таблица 9.46. Функции для обработки JSON**

| Функция | Тип результата | Описание | Пример | Результат примера |
|---|---|---|---|---|
| `json_array_length(json)`<br><br>`jsonb_array_length(jsonb)` | `int` | Возвращает число элементов во внешнем массиве JSON. | `json_array_length('[1,2,3,{"f1":1,"f2":[5,6]},4]')` | `5` |
| `json_each(json)`<br><br>`jsonb_each(jsonb)` | `setof key text, value json`<br><br>`setof key text, value jsonb` | Разворачивает внешний объект JSON в набор пар ключ/значение ( key/value). | `select * from json_each('{"a":"foo", "b":"bar"}')` | `key \| value`<br>`-----+-------`<br>`a \| "foo"`<br>`b \| "bar"` |
| `json_each_text(json)`<br><br>`jsonb_each_text(jsonb)` | `setof key text, value text` | Разворачивает внешний объект JSON в набор пар ключ/значение ( key/value). Возвращаемые значения будут иметь тип `text`. | `select * from json_each_text('{"a":"foo", "b":"bar"}')` | `key \| value`<br>`-----+-------`<br>`a \| foo`<br>`b \| bar` |
| `json_extract_path(from_json json, VARIADIC path_elems text[])`<br><br>`jsonb_extract_path(from_json jsonb, VARIADIC path_elems text[])` | `json`<br><br>`jsonb` | Возвращает значение JSON по пути, заданному элементами пути ( *path_elems* ) (равнозначно оператору `#>` operator). | `json_extract_path('{"f2":{"f3":1},"f4":{"f5":99,"f6":"foo"}}', 'f4')` | `{"f5":99,"f6":"foo"}` |
| `json_extract_path_text(from_json json, VARIADIC path_elems text[])`<br><br>`jsonb_extract_path_text(from_json jsonb, VARIADIC path_elems text[])` | `text` | Возвращает значение JSON по пути, заданному элементами пути *path_elems* , как `text` (равнозначно оператору `#>>`). | `json_extract_path_text('{"f2":{"f3":1},"f4":{"f5":99,"f6":"foo"}}', 'f4', 'f6')` | `foo` |
| `json_object_keys(json)`<br><br>`jsonb_object_keys(jsonb)` | `setof text` | Возвращает набор ключей во внешнем объекте JSON. | `json_object_keys('{"f1":"abc","f2":{"f3":"a","f4":"b"}}')` | `json_object_keys`<br>`------------------`<br>`f1`<br>`f2` |
| `json_populate_record(base anyelement, from_json json)` | `anyelement` | Разворачивает объект из *from_json* в табличную строку, в которой столбцы со- | `select * from json_populate_record( null::myrowtype,` | `a \| b \| c`<br>`---+-----------+-------------` |

| Функция | Тип результата | Описание | Пример | Результат примера |
|---|---|---|---|---|
| jsonb_populate_record(base anyelement, from_json jsonb) | | ответствуют типу строки, заданному параметром *base* (см. примечания ниже). | '{"a": 1, "b": ["2", "a b"], "c": {"d": 4, "e": "a b c"}}') | 1 \| {2,"a b"} \| (4,"a b c") |
| json_populate_recordset(base anyelement, from_json json)<br><br>jsonb_populate_recordset(base anyelement, from_json jsonb) | setof anyelement | Разворачивает внешний массив объектов из *from_json* в набор табличных строк, в котором столбцы соответствуют типу строки, заданному параметром *base* (см. примечания ниже). | select * from json_populate_recordset( null::myrowtype, '[{"a":1, "b":2},{"a":3, "b":4}]') | a \| b<br>---+---<br>1 \| 2<br>3 \| 4 |
| json_array_elements(json)<br><br>jsonb_array_elements( jsonb) | setof json<br><br>setof jsonb | Разворачивает массив JSON в набор значений JSON. | select * from json_array_elements('[1, true, [2, false]]') | value<br>-----------<br>1<br>true<br>[2,false] |
| json_array_elements_text( json)<br><br>jsonb_array_elements_text( jsonb) | setof text | Разворачивает массив JSON в набор значений text. | select * from json_array_elements_text( '["foo", "bar"]') | value<br>-----------<br>foo<br>bar |
| json_typeof( json)<br><br>jsonb_typeof( jsonb) | text | Возвращает тип внешнего значения JSON в виде текстовой строки. Возможные типы: object, array, string, number, boolean и null. | json_typeof( '-123.4') | number |
| json_to_record(json)<br><br>jsonb_to_record(jsonb) | record | Формирует обычную запись из объекта JSON (см. примечания ниже). Как и со всеми функциями, возвращающими record, при вызове необходимо явно определить структуру записи с помощью предложения AS. | 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<br>---+---------+---+---------------<br>1 \| [1,2,3] \| {1,2,3} \| \| (123,"a b c") |

| **Функция** | **Тип результата** | **Описание** | **Пример** | **Результат примера** |
|---|---|---|---|---|
| `json_to_recordset(json)`<br><br>`jsonb_to_recordset(jsonb)` | `setof record` | Формирует обычный набор записей из массива объекта JSON (см. примечания ниже). Как и со всеми функциями, возвращающими `record`, при вызове необходимо явно определить структуру записи с помощью предложения `AS`. | `select * from json_to_recordset('[{"a":1,"b":"foo"},{"a":"2","c":"bar"}]') as x(a int, b text);` | `a \| b`<br>`---+-----`<br>`1 \| foo`<br>`2 \|` |
| `json_strip_nulls(from_json json)`<br><br>`jsonb_strip_nulls(from_json jsonb)` | `json`<br><br>`jsonb` | Возвращает значение *from_json*, из которого исключаются все поля объекта, содержащие значения NULL. Другие значения NULL остаются нетронутыми. | `json_strip_nulls('[{"f1":1,"f2":null},2,null,3]')` | `[{"f1":1},2,null,3]` |
| `jsonb_set(target jsonb, path text[], new_value jsonb [, create_missing boolean])` | `jsonb` | Возвращает значение *target*, в котором раздел с заданным путём (*path*) заменяется новым значением (*new_value*), либо в него добавляется значение *new_value*, если аргумент *create_missing* равен `true` (это значение по умолчанию) и элемент, на который ссылается *path*, не существует. Как и с операторами, рассчитанными на пути, отрицательные числа в пути (*path*) обозначают отсчёт от конца массивов JSON. | `jsonb_set('[{"f1":1,"f2":null},2,null,3]', '{0,f1}','[2,3,4]', false)`<br><br>`jsonb_set('[{"f1":1,"f2":null},2]', '{0,f3}', '[2,3,4]')` | `[{"f1":[2,3,4],"f2":null},2,null,3]`<br><br>`[{"f1": 1, "f2": null, "f3": [2, 3, 4]}, 2]` |
| `jsonb_insert(target jsonb, path text[], new_value` | `jsonb` | Возвращает значение *target* с вставленным в него новым значением | `jsonb_insert('{"a": [0,1,2]}', '{a,` | `{"a": [0, "new_value", 1, 2]}` |

| Функция | Тип результата | Описание | Пример | Результат примера |
|---|---|---|---|---|
| jsonb [, insert_after boolean]) | | *new_value* . Если место в *target*, выбранное путём *path*, оказывается в массиве JSONB, *new_value* будет вставлен до (по умолчанию) или после (если параметр *insert_after* равен true) выбранной позиции. Если место в *target*, выбранное путём *path*, оказывается в объекте JSONB, значение *new_value* будет вставлено в него, только если заданный путь *path* не существует. Как и с операторами, рассчитанными на пути, отрицательные числа в пути (*path*) обозначают отсчёт от конца массивов JSON. | 1}', '"new_value"')<br><br>jsonb_insert('{"a": [0,1,2]}', '{a, 1}', '"new_value"', true) | {"a": [0, 1, "new_value", 2]} |
| jsonb_pretty(from_json jsonb) | text | Возвращает значение *from_json* в виде текста JSON с отступами. | jsonb_pretty('[{"f1":1,"f2":null},2,null,3]') | [<br>{<br>"f1": 1,<br>"f2": null<br>},<br>2,<br>null,<br>3<br>] |

## Примечание

Многие из этих функций и операторов преобразуют спецпоследовательности Unicode в JSON-строках в соответствующие одиночные символы. Для входных данных типа jsonb это ничем не грозит, так как преобразование уже выполнено; однако для типа json в результате может произойти ошибка, как отмечено в Разделе 8.14.

## Примечание

Функции json[b]_populate_record, json[b]_populate_recordset, json[b]_to_record и json[b]_to_recordset принимают объект JSON или массив объектов и извлекают значения, связанные с ключами, по именам, соответствующим именам столбцов выход-

ного типа. Поля объектов, не соответствующие никаким именам выходных столбцов, игнорируются, а выходные столбцы, для которых не находятся поля в объекте, заполняются значениями NULL. Для преобразования значения JSON в тип SQL 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.
- Если же значение JSON является строковой константой, 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.

Хотя в примерах использования перечисленных функций применяются константы, обычно эти функции обращаются к таблицам в предложении `FROM`, а в качестве аргумента указывается один из столбцов типа `json` или `jsonb`. Извлечённые значения затем могут использоваться в других частях запроса, например, в предложениях `WHERE` и результирующих списках. Извлекая множество значений подобным образом, можно значительно увеличить производительность по сравнению с использованием операторов, работающих с отдельными ключами.

## Примечание

В `target` должны присутствовать все элементы пути, заданного параметром `path` функций `jsonb_set` и `jsonb_insert`, за исключением последнего. Если `create_missing` равен false, должны присутствовать абсолютно все элементы пути `path`, переданного функции `jsonb_set`. Если это условие не выполняется, значение `target` возвращается неизменённым.

Если последним элементом пути оказывается ключ объекта, он будет создан в случае отсутствия и получит новое значение. Если последний элемент пути — позиция в массиве, то когда она положительна, целевой элемент отсчитывается слева, а когда отрицательна — справа, то есть `-1` указывает на самый правый элемент и т. д. Если позиция лежит вне диапазона -длина_массива .. длина_массива -1, и параметр create_missing равен true, новое значение добавляется в начало массива, если позиция отрицательна, и в конец, если положительна.

## Примечание

Значение `null`, возвращаемое функцией `json_typeof`, не следует путать с SQL NULL. Тогда как при вызове `json_typeof('null'::json)` возвращается `null`, при вызове `json_typeof(NULL::json)` будет возвращено значение SQL NULL.

## Примечание

Если аргумент функции `json_strip_nulls` содержит повторяющиеся имена полей в любом объекте, в результате могут проявиться семантические различия, в зависимости

> от порядка этих полей. Это не проблема для функции `jsonb_strip_nulls`, так как в значениях `jsonb` имена полей не могут дублироваться.

В Разделе 9.20 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`.

# 9.16. 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 9.47, предоставляют простые и безопасные для параллельного использования методы получения очередных значений таких последовательностей.

**Таблица 9.47. Функции для работы с последовательностями**

| Функция | Тип результата | Описание |
|---|---|---|
| `currval( regclass)` | `bigint` | Выдаёт значение заданной последовательности, которое было возвращено при последнем вызове функции `nextval` |
| `lastval()` | `bigint` | Выдаёт значение любой последовательности, которое было возвращено при последнем вызове функции `nextval` |
| `nextval( regclass)` | `bigint` | Продвигает последовательность к следующему значению и возвращает его |
| `setval( regclass, bigint)` | `bigint` | Устанавливает текущее значение последовательности |
| `setval( regclass, bigint, boolean)` | `bigint` | Устанавливает текущее значение последовательности и флаг `is_called` , указывающий на то, что это значение использовалось |

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 8.18.

### 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.

Ниже описаны все функции, предназначенные для работы с последовательностями:

`nextval`

Продвигает последовательность к следующему значению и возвращает его. Это атомарная операция: если `nextval` вызывается одновременно в нескольких сеансах, в результате каждого вызова будут гарантированно получены разные значения.

Если последовательность создаётся с параметрами по умолчанию, успешные вызовы `nextval` получают очередные значения по возрастанию, начиная с 1. Другое поведение можно получить с помощью специальных параметров в команде CREATE SEQUENCE; подробнее это описано на странице описания команды.

### Важно

Во избежание блокирования параллельных транзакций, пытающихся получить значения одной последовательности, операция `nextval` никогда не откатывается; то есть, как только значение было выбрано, оно считается использованным и не будет возвращено снова. Это утверждение верно, даже когда окружающая транзакция впоследствии прерывается или вызывающий запрос никак не использует это значение. 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. В таких ситуациях в последовательности задействованных значений могут образовываться «дыры». Таким образом, объекты последовательностей PostgreSQL *не годятся для получения непрерывных последовательностей*.

Этой функции требуется право `USAGE` или `UPDATE` для последовательности.

`currval`

Возвращает значение, выданное при последнем вызове `nextval` для этой последовательности в текущем сеансе. (Если в данном сеансе `nextval` ни разу не вызывалась для данной после-

довательности, 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

Возвращает значение, выданное при последнем вызове nextval в текущем сеансе. Эта функция подобна currval, но она не принимает в параметрах имя последовательности, а 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.

setval

Сбрасывает счётчик последовательности. 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 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('foo', 42);           Следующий вызов nextval вернёт 43
SELECT setval('foo', 42, true);     То же самое
SELECT setval('foo', 42, false);    Следующий вызов nextval вернёт 42
```

Результатом самой функции setval будет просто значение её второго аргумента.

> **Важно**
>
> Так как значения последовательностей изменяются вне транзакций, действие функции setval не отменяется при откате транзакции.

Этой функции требуется право UPDATE для последовательности.

# 9.17. 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 хранимых процедур на более мощном языке программирования.

## 9.17.1. 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 не 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.

## 9.17.2. 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.

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.

## 9.17.3. NULLIF

```
NULLIF(значение1, значение2)
```

Функция NULLIF возвращает 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)') ...
```

Если аргумент value равен (none), результатом выражения будет NULL, а в противном случае — значение аргумента value.

## 9.17.4. 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.

# 9.18. Функции и операторы для работы с массивами

В Таблице 9.48 показаны операторы, предназначенные для работы с массивами.

**Таблица 9.48. Операторы для работы с массивами**

| Оператор | Описание | Пример | Результат |
|---|---|---|---|
| = | равно | ARRAY[1.1,2.1,3.1]::int[] = ARRAY[1,2,3] | t |
| <> | не равно | ARRAY[1,2,3] <> ARRAY[1,2,4] | t |
| < | меньше | ARRAY[1,2,3] < ARRAY[1,2,4] | t |
| > | больше | ARRAY[1,4,3] > ARRAY[1,2,4] | t |
| <= | меньше или равно | ARRAY[1,2,3] <= ARRAY[1,2,3] | t |
| >= | больше или равно | ARRAY[1,4,3] >= ARRAY[1,4,3] | t |
| @> | содержит | ARRAY[1,4,3] @> ARRAY[3,1,3] | t |
| <@ | содержится в | ARRAY[2,2,7] <@ ARRAY[1,7,4,2,6] | t |
| && | пересечение (есть общие элементы) | ARRAY[1,4,3] && ARRAY[2,1] | t |
| \|\| | соединение массива с массивом | ARRAY[1,2,3] \|\| ARRAY[4,5,6] | {1,2,3,4,5,6} |
| \|\| | соединение массива с массивом | ARRAY[1,2,3] \|\| ARRAY[[4,5,6], [7,8,9]] | {{1,2,3},{4,5,6},{7,8,9}} |
| \|\| | соединение элемента с массивом | 3 \|\| ARRAY[4,5,6] | {3,4,5,6} |
| \|\| | соединение массива с элементом | ARRAY[4,5,6] \|\| 7 | {4,5,6,7} |

Операторы упорядочивания массивов (<, >= и т. д.) сравнивают содержимое массивов по элементам, используя при этом функцию сравнения для B-дерева, определённую для типа данного элемента по умолчанию, и сортируют 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 различаются, результат их сравнения будет определяться первым отличием в размерностях. (В PostgreSQL до версии 8.2 поведение было другим: два массива с одинаковым содержимом считались одинаковыми, даже если число их размерностей и границы индексов различались.)

Операторы вложенности массивов (<@ and @>) считают один массив вложенным в другой, если каждый элемент первого встречается во втором. Повторяющиеся элементы рассматриваются на общих основаниях, поэтому массивы ARRAY[1] и ARRAY[1,1] считаются вложенным друг в друга.

Подробнее поведение операторов с массивами описано в Разделе 8.15. За дополнительными сведениями об операторах, поддерживающих индексы, обратитесь к Разделу 11.2.

В Таблице 9.49 перечислены функции, предназначенные для работы с массивами. Дополнительная информация о них и примеры использования приведены в Разделе 8.15.

**Таблица 9.49. Функции для работы с массивами**

| Функция | Тип результата | Описание | Пример | Результат |
|---|---|---|---|---|
| `array_append ( anyarray, anyelement)` | `anyarray` | добавляет элемент в конец массива | `array_append( ARRAY[1,2], 3)` | `{1,2,3}` |
| `array_cat ( anyarray, anyarray)` | `anyarray` | соединяет два массива | `array_cat( ARRAY[1,2,3], ARRAY[4,5])` | `{1,2,3,4,5}` |
| `array_ndims ( anyarray)` | `int` | возвращает число размерностей массива | `array_ndims( ARRAY[[1,2, 3], [4,5,6]])` | `2` |
| `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, int[] [, int[]])` | `anyarray` | возвращает массив, заполненный заданным значением и имеющий указанные размерности, в которых нижняя граница может быть отлична от 1 | `array_fill(7, ARRAY[3], ARRAY[2])` | `[2:4]={7,7,7}` |
| `array_length ( anyarray, int)` | `int` | возвращает длину указанной размерности массива | `array_length( array[1,2,3], 1)` | `3` |
| `array_lower ( anyarray, int)` | `int` | возвращает нижнюю границу указанной размерности массива | `array_lower( '[0:2]={1,2, 3}'::int[], 1)` | `0` |
| `array_position ( anyarray, anyelement [, int])` | `int` | возвращает позицию первого вхождения второго аргумента в массиве, начиная с элемента, выбираемого третьим аргументом, либо с первого элемента (массив должен быть одномерным) | `array_position( ARRAY['sun', 'mon','tue', 'wed','thu', 'fri','sat'], 'mon')` | `2` |
| `array_ positions ( anyarray, anyelement)` | `int[]` | возвращает массив с позициями всех вхождений второго аргумента в массиве, задаваемым первым ар- | `array_ positions( ARRAY['A','A', 'B','A'], 'A')` | `{1,2,4}` |

| Функция | Тип результата | Описание | Пример | Результат |
|---|---|---|---|---|
| | | гументом (массив должен быть одномерным) | | |
| `array_prepend ( anyelement, anyarray)` | `anyarray` | вставляет элемент в начало массива | `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) | `array_remove( ARRAY[1,2,3, 2], 2)` | `{1,3}` |
| `array_replace ( anyarray, anyelement, anyelement)` | `anyarray` | заменяет в массиве все элементы, равные заданному значению, другим значением | `array_replace( ARRAY[1,2,5, 4], 5, 3)` | `{1,2,3,4}` |
| `array_to_ string ( anyarray, text [, text])` | `text` | выводит элементы массива через заданный разделитель и позволяет определить замену для значения NULL | `array_to_ string( ARRAY[1, 2, 3, NULL, 5], ', ', '*')` | `1,2,3,*,5` |
| `array_upper ( anyarray, int)` | `int` | возвращает верхнюю границу указанной размерности массива | `array_upper( ARRAY[1,8,3, 7], 1)` | `4` |
| `cardinality( anyarray)` | `int` | возвращает общее число элементов в массиве, либо 0, если массив пуст | `cardinality( ARRAY[[1,2], [3,4]])` | `4` |
| `string_to_ array ( text, text [, text])` | `text[]` | разбивает строку на элементы массива, используя заданный разделитель и, возможно, замену для значений NULL | `string_to_ array( 'xx~^~yy~ ^~zz', '~^~', 'yy')` | `{xx,NULL,zz}` |
| `unnest( anyarray)` | `setof anyelement` | разворачивает массив в набор строк | `unnest(ARRAY[1, 2])` | `1`<br>`2`<br>(2 строки) |
| `unnest( anyarray, anyarray [, ...])` | `setof anyelement, anyelement [, ...]` | разворачивает массивы (возможно разных типов) в набор строк. Это допускается только в предложении FROM; см. Подраздел 7.2.1.4 | `unnest(ARRAY[1, 2], ARRAY['foo', 'bar','baz'])` | `1 foo`<br>`2 bar`<br>`NULL baz`<br>(3 строки) |

В функциях `array_position` и `array_positions` каждый элемент массива сравнивается с искомым значением по принципу `IS NOT DISTINCT FROM`.

Функция array_position возвращает NULL, если искомое значение не находится.

Функция array_positions возвращает NULL, только если в качестве массива передаётся NULL; если же в массиве не находится значение, она возвращает пустой массив.

Если для функции string_to_array в качестве разделителя задан NULL, каждый символ входной строки станет отдельным элементом в полученном массиве. Если разделитель пустая строка, строка будет возвращена целиком в массиве из одного элемента. В противном случае входная строка разбивается по вхождениям подстроки, указанной в качестве разделителя.

Если для функции string_to_array параметр замены значения NULL опущен или равен NULL, никакие подстроки во входных данных не будут заменяться на NULL. Если же параметр замены NULL опущен или равен NULL для функции array_to_string, все значения NULL просто пропускаются и никак не представляются в выходной строке.

> **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 9.20.

# 9.19. Диапазонные функции и операторы

Диапазонные типы данных рассматриваются в Разделе 8.17.

В Таблице 9.50 показаны операторы, предназначенные для работы с диапазонами.

**Таблица 9.50. Диапазонные операторы**

| Оператор | Описание | Пример | Результат |
|---|---|---|---|
| = | равно | int4range(1,5) = '[1,4]'::int4range | t |
| <> | не равно | numrange(1.1,2.2) <> numrange(1.1, 2.3) | t |
| < | меньше | int4range(1,10) < int4range(2,3) | t |
| > | больше | int4range(1,10) > int4range(1,5) | t |
| <= | меньше или равно | numrange(1.1,2.2) <= numrange(1.1, 2.2) | t |
| >= | больше или равно | numrange(1.1,2.2) >= numrange(1.1, 2.0) | t |
| @> | содержит диапазон | int4range(2,4) @> int4range(2,3) | t |
| @> | содержит элемент | '[2011-01-01, 2011-03-01)'::tsrange | t |

| Оператор | Описание | Пример | Результат |
|---|---|---|---|
| | | `@> '2011-01-10'::timestamp` | |
| `<@` | диапазон содержится в | `int4range(2,4) <@ int4range(1,7)` | `t` |
| `<@` | элемент содержится в | `42 <@ int4range(1,7)` | `f` |
| `&&` | пересекает (есть общие точки) | `int8range(3,7) && int8range(4,12)` | `t` |
| `<<` | строго слева от | `int8range(1,10) << int8range(100,110)` | `t` |
| `>>` | строго справа от | `int8range(50,60) >> int8range(20,30)` | `t` |
| `&<` | не простирается правее | `int8range(1,20) &< int8range(18,20)` | `t` |
| `&>` | не простирается левее | `int8range(7,20) &> int8range(5,10)` | `t` |
| `-\|-` | примыкает к | `numrange(1.1,2.2) -\|- numrange(2.2,3.3)` | `t` |
| `+` | union | `numrange(5,15) + numrange(10,20)` | `[5,20)` |
| `*` | пересечение | `int8range(5,15) * int8range(10,20)` | `[10,15)` |
| `-` | вычитание | `int8range(5,15) - int8range(10,20)` | `[5,10)` |

Простые операторы сравнения <, >, <= и >= сначала сравнивают нижние границы, и только если они равны, сравнивают верхние. Эти операторы сравнения обычно не очень полезны для диапазонов; основное их предназначение — сделать возможным построение индексов-B-деревьев по диапазонам.

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.

Операторы сложения и вычитания вызывают ошибку, если получающийся в результате диапазон оказывается состоящим из двух разделённых поддиапазонов, так как его нельзя представить в этом типе данных.

В Таблице 9.51 перечислены функции, предназначенные для работы с диапазонными типами.

**Таблица 9.51. Диапазонные функции**

| Функция | Тип результата | Описание | Пример | Результат |
|---|---|---|---|---|
| `lower( anyrange)` | тип элемента диапазона | нижняя граница диапазона | `lower(numrange( 1.1, 2.2))` | `1.1` |
| `upper( anyrange)` | тип элемента диапазона | верхняя граница диапазона | `upper(numrange( 1.1, 2.2))` | `2.2` |
| `isempty( anyrange)` | `boolean` | диапазон пуст? | `isempty( numrange(1.1, 2.2))` | `false` |

| Функция | Тип результата | Описание | Пример | Результат |
|---|---|---|---|---|
| lower_inc ( anyrange) | boolean | нижняя граница включается? | lower_inc( numrange(1.1, 2.2)) | true |
| upper_inc ( anyrange) | boolean | верхняя граница включается? | upper_inc( numrange(1.1, 2.2)) | false |
| lower_inf ( anyrange) | boolean | нижняя граница равна бесконечности? | lower_inf('(, )'::daterange) | true |
| upper_inf ( anyrange) | boolean | верхняя граница равна бесконечности? | upper_inf('(, )'::daterange) | true |
| range_merge ( anyrange, anyrange) | anyrange | наименьший диапазон, включающий оба заданных диапазона | range_merge( '[1, 2)'::int4range, '[3, 4)'::int4range) | [1,4) |

Функции lower и upper возвращают NULL, если диапазон пуст или указанная граница равна бесконечности. Если же пустой диапазон передаётся функциям lower_inc, upper_inc, lower_inf и upper_inf, все они возвращают false.

# 9.20. Агрегатные функции

*Агрегатные функции* получают единственный результат из набора входных значений. Встроенные агрегатные функции общего назначения перечислены в Таблице 9.52, а статистические агрегатные функции — в Таблице 9.53. Встроенные внутригрупповые сортирующие агрегатные функции перечислены в Таблице 9.54, встроенные внутригрупповые гипотезирующие — в Таблице 9.55. Группирующие операторы, тесно связанные с агрегатными функциями, перечислены в Таблице 9.56. Особенности синтаксиса агрегатных функцией разъясняются в Подразделе 4.2.7. За дополнительной вводной информацией обратитесь к Разделу 2.7.

**Таблица 9.52. Агрегатные функции общего назначения**

| Функция | Типы аргумента | Тип результата | Частичный режим | Описание |
|---|---|---|---|---|
| array_agg( *выражение*) | любой тип не массива | массив элементов с типом аргумента | Нет | входные значения, включая NULL, объединяются в массив |
| array_agg( *выражение*) | любой тип массива | тот же, что и тип аргумента | Нет | входные массивы собираются в массив большей размерности (они должны иметь одну размерность и не могут быть пустыми или равны NULL) |
| avg( *выражение*) | smallint, int, bigint, real, double precision, numeric или interval | numeric для любых целочисленных аргументов, double precision для аргументов с плавающей точ- | Да | арифметическое среднее для всех входных значений, отличных от NULL |

| **Функция** | **Типы аргумента** | **Тип результата** | **Частичный режим** | **Описание** |
|---|---|---|---|---|
| | | кой, в противном случае тип данных аргумента | | |
| bit_and( *выражение*) | smallint, int, bigint или bit | тот же, что и тип аргумента | Да | побитовое И для всех входных значений, не равных NULL, или NULL, если таких нет |
| bit_or( *выражение*) | smallint, int, bigint или bit | тот же, что и тип аргумента | Да | побитовое ИЛИ для всех входных значений, не равных NULL, или NULL, если таких нет |
| bool_and( *выражение*) | bool | bool | Да | true, если все входные значения равны true, и false в противном случае |
| bool_or( *выражение*) | bool | bool | Да | true, если хотя бы одно входное значение равно true, и false в противном случае |
| count(*) | | bigint | Да | количество входных строк |
| count( *выражение*) | any | bigint | Да | количество входных строк, для которых значение *выражения* не равно NULL |
| every( *выражение*) | bool | bool | Да | синоним bool_and |
| json_agg( *выражение*) | any | json | Нет | агрегирует значения, включая NULL, в виде массива JSON |
| jsonb_agg( *выражение*) | any | jsonb | Нет | агрегирует значения, включая NULL, в виде массива JSON |
| json_object_agg( *имя*, *значение*) | (any, any) | json | Нет | агрегирует пары имя/значение в виде объекта JSON ( NULL допускается в значениях, но не в именах) |
| jsonb_object_agg( *имя*, *значение*) | (any, any) | jsonb | Нет | агрегирует пары имя/значение в виде объекта JSON ( NULL допускается |

| Функция | Типы аргумента | Тип результата | Частичный режим | Описание |
|---|---|---|---|---|
| | | | | в значениях, но не в именах) |
| max( *выражение*) | любой числовой, строковый, сетевой тип или тип даты/времени, либо массив этих типов | тот же, что и тип аргумента | Да | максимальное значение *выражения* среди всех входных данных, отличных от NULL |
| min( *выражение*) | любой числовой, строковый, сетевой тип или тип даты/времени, либо массив этих типов | тот же, что и тип аргумента | Да | минимальное значение *выражения* среди всех входных данных, отличных от NULL |
| string_agg( *выражение*, *разделитель*) | (text, text) или ( bytea, bytea) | тот же, что и типы аргументов | Нет | входные данные ( исключая NULL) складываются в строку через заданный разделитель |
| sum( *выражение*) | smallint, int, bigint, real, double precision, numeric, interval или money | bigint для аргументов smallint или int, numeric для аргументов bigint, и тип аргумента в остальных случаях | Да | сумма значений *выражения* по всем входным данным, отличным от NULL |
| xmlagg( *выражение*) | xml | xml | Нет | соединение XML-значений, отличных от NULL ( см. также Подраздел 9.14.1.7) |

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, поддерживающие *частичный режим*, являются кандидатами на участие в различных оптимизациях, например, в параллельном агрегировании.

## Примечание

Булевы агрегатные функции bool_and и bool_or соответствуют стандартным SQL-агрегатам every и any или some. Что касается any и some, по стандарту их синтаксис допускает некоторую 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.

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.

В Таблице 9.53 перечислены агрегатные функции, обычно применяемые в статистическом анализе. (Они выделены просто для того, чтобы не загромождать список наиболее популярных агрегатных функций.) В их описании под *N* подразумевается число входных строк, для которых входные выражения не равны NULL. Все эти функции возвращают NULL во всех случаях, когда вычисление бессмысленно, например, когда *N* равно 0.

**Таблица 9.53. Агрегатные функции для статистических вычислений**

| Функция | Тип аргумента | Тип результата | Частичный режим | Описание |
|---|---|---|---|---|
| `corr(` *Y*`,` *X*`)` | `double precision` | `double precision` | Да | коэффициент корреляции |
| `covar_pop(` *Y*`,` *X*`)` | `double precision` | `double precision` | Да | ковариация совокупности |
| `covar_samp(` *Y*`,` *X*`)` | `double precision` | `double precision` | Да | ковариация выборки |
| `regr_avgx(` *Y*`,` *X*`)` | `double precision` | `double precision` | Да | среднее независимой переменной (`sum(` *X*`)/`*N*`)` |
| `regr_avgy(` *Y*`,` *X*`)` | `double precision` | `double precision` | Да | среднее зависимой переменной (`sum(` *Y*`)/`*N*`)` |
| `regr_count(` *Y*`,` *X*`)` | `double precision` | `bigint` | Да | число входных строк, в которых оба выражения не NULL |
| `regr_intercept(` *Y*`,` *X*`)` | `double precision` | `double precision` | Да | пересечение с осью OY линии, полученной методом наименьших квадратов по данным (*X*, *Y*) |

| **Функция** | **Тип аргумента** | **Тип результата** | **Частичный режим** | **Описание** |
|---|---|---|---|---|
| regr_r2( *Y*, *X*) | double precision | double precision | Да | квадрат коэффициента корреляции |
| regr_slope( *Y*, *X*) | double precision | double precision | Да | наклон линии, полученной методом наименьших квадратов по данным ( *X*, *Y*) |
| regr_sxx( *Y*, *X*) | double precision | double precision | Да | sum( *X*^2) - sum( *X*)^2/*N* («сумма квадратов» независимой переменной) |
| regr_sxy( *Y*, *X*) | double precision | double precision | Да | sum( *X***Y*) - sum( *X*) * sum( *Y*)/*N* («сумма произведений» независимых и зависимых переменных) |
| regr_syy( *Y*, *X*) | double precision | double precision | Да | sum( *Y*^2) - sum( *Y*)^2/*N* («сумма квадратов» зависимой переменной) |
| stddev( *выражение*) | smallint, int, bigint, real, double precision или numeric | double precision для аргументов с плавающей точкой, numeric для остальных | Да | сохранившийся синоним stddev_samp |
| stddev_pop( *выражение*) | smallint, int, bigint, real, double precision или numeric | double precision для аргументов с плавающей точкой, numeric для остальных | Да | стандартное отклонение по генеральной совокупности входных значений |
| stddev_samp( *выражение*) | smallint, int, bigint, real, double precision или numeric | double precision для аргументов с плавающей точкой, numeric для остальных | Да | стандартное отклонение по выборке входных значений |
| variance( *выражение*) | smallint, int, bigint, real, double precision или numeric | double precision для аргументов с плавающей точкой, numeric для остальных | Да | сохранившийся синоним var_samp |
| var_pop ( *выражение*) | smallint, int, bigint, real, double precision или numeric | double precision для аргументов с плавающей точкой, numeric для остальных | Да | дисперсия для генеральной совокупности входных значений (квадрат стандартного отклонения) |

| Функция | Тип аргумента | Тип результата | Частичный режим | Описание |
|---|---|---|---|---|
| var_samp ( *выражение*) | smallint, int, bigint, real, double precision или numeric | double precision для аргументов с плавающей точкой, numeric для остальных | Да | дисперсия по выборке для входных значений (квадрат отклонения по выборке) |

В Таблице 9.54 показаны некоторые агрегатные функции, использующие синтаксис *сортирующих агрегатных функций*. Иногда такие функции функциями называют функциями «обратного распределения».

**Таблица 9.54. Сортирующие агрегатные функции**

| Функция | Тип непосредственного аргумента | Тип агрегированного аргумента | Тип результата | Частичный режим | Описание |
|---|---|---|---|---|---|
| mode() WITHIN GROUP (ORDER BY *выражение_сортировки*) | | любой сортируемый тип | тот же, что у выражения сортировки | Нет | возвращает значение, наиболее часто встречающееся во входных данных (если одинаково часто встречаются несколько значений, произвольно выбирается первое из них) |
| percentile_cont( *дробь*) WITHIN GROUP (ORDER BY *выражение_сортировки*) | double precision | double precision или interval | тот же, что у выражения сортировки | Нет | непрерывный процентиль: возвращает значение, соответствующее заданной дроби по порядку, интерполируя соседние входные значения, если необходимо |
| percentile_cont( *дроби*) WITHIN GROUP (ORDER BY *выражение_сортировки*) | double precision[] | double precision или interval | массив типа выражения сортировки | Нет | множественный непрерывный процентиль: возвращает массив результатов, соответствующих форме параметра *дроби* (для каждого элемента не NULL подставляется значение, соответ- |

| Функция | Тип непосредственного аргумента | Тип агрегированного аргумента | Тип результата | Частичный режим | Описание |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | ствующее данному процентилю) |
| `percentile_disc(` *дробь*`) WITHIN GROUP (ORDER BY` *выражение_сортировки*`)` | `double precision` | любой сортируемый тип | тот же, что у выражения сортировки | Нет | дискретный процентиль: возвращает первое значение из входных данных, позиция которого по порядку равна или превосходит указанную дробь |
| `percentile_disc(` *дроби*`) WITHIN GROUP (ORDER BY` *выражение_сортировки*`)` | `double precision[]` | любой сортируемый тип | массив типа выражения сортировки | Нет | множественный дискретный процентиль: возвращает массив результатов, соответствующих форме параметра *дроби* ( для каждого элемента не NULL подставляется входное значение, соответствующее данному процентилю) |

Все агрегатные функции, перечисленные в Таблице 9.54, игнорируют значения NULL при сортировке данных. Для функций, принимающих параметр *дробь*, значение этого параметра должно быть от 0 до 1; в противном случае возникает ошибка. Однако, если в этом параметре передаётся NULL, эти функции просто выдают NULL.

Все агрегатные функции, перечисленные в Таблице 9.55, связаны с одноимёнными оконными функциями, определёнными в Разделе 9.21. В каждом случае их результат — значение, которое вернула бы связанная оконная функция для «гипотетической» строки, полученной из *аргументов*, если бы такая строка была добавлена в сортированную группу строк, которую образуют *сортированные_аргументы*.

**Таблица 9.55. Гипотезирующие агрегатные функции**

| Функция | Тип непосредственного аргумента | Тип агрегированного аргумента | Тип результата | Частичный режим | Описание |
|---|---|---|---|---|---|
| `rank(` *аргументы*`)` | `VARIADIC "any"` | `VARIADIC "any"` | `bigint` | Нет | ранг гипотетической строки, с пропус- |

| Функция | Тип непосредственного аргумента | Тип агрегированного аргумента | Тип результата | Частичный режим | Описание |
|---|---|---|---|---|---|
| WITHIN GROUP (ORDER BY *сортированные_аргументы*) | | | | | ками повторяющихся строк |
| dense_rank( *аргументы*) WITHIN GROUP (ORDER BY *сортированные_аргументы*) | VARIADIC "any" | VARIADIC "any" | bigint | Нет | ранг гипотетической строки, без пропусков |
| percent_rank( *аргументы*) WITHIN GROUP (ORDER BY *сортированные_аргументы*) | VARIADIC "any" | VARIADIC "any" | double precision | Нет | относительный ранг гипотетической строки, от 0 до 1 |
| cume_dist( *аргументы*) WITHIN GROUP (ORDER BY *сортированные_аргументы*) | VARIADIC "any" | VARIADIC "any" | double precision | Нет | относительный ранг гипотетической строки, от 1/*N* до 1 |

Для всех этих гипотезирующих агрегатных функций непосредственные *аргументы* должны соответствовать (по количеству и типу) *сортированным_аргументам*. В отличие от встроенных агрегатных функций, они не являются строгими, то есть не отбрасывают входные строки, содержащие NULL. Значения NULL сортируются согласно правилу, указанному в предложении ORDER BY.

**Таблица 9.56. Операции группировки**

| Функция | Тип результата | Описание |
|---|---|---|
| GROUPING( *аргументы...*) | integer | Целочисленная битовая маска, показывающая, какие аргументы не вошли в текущий набор группирования |

Операции группировки применяются в сочетании с наборами группирования (см. Подраздел 7.2.4) для различения результирующих строк. Аргументы операции GROUPING на самом деле не вычисляются, но они должны в точности соответствовать выражениям, заданным в предложении GROUP BY на их уровне запроса. Биты назначаются справа налево (правый аргумент отражается в младшем бите); бит равен 0, если соответствующее выражение вошло в критерий группировки набора группирования, для которого сформирована строка результата, или 1 в противном случае. 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)
```

# 9.21. 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 9.57. 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 пользовательские универсальные или статистические агрегатные функции (но не сортирующие и не гипотезирующие); список встроенных агрегатных функций приведён в Разделе 9.20. Агрегатные функции работают как оконные, только когда за их вызовом следует предложение `OVER`; в противном случае они работают как обычные, не оконные функции и выдают для всего набора единственную строку.

**Таблица 9.57. Оконные функции общего назначения**

| Функция | Тип результата | Описание |
|---|---|---|
| `row_number()` | `bigint` | номер текущей строки в её разделе, начиная с 1 |
| `rank()` | `bigint` | ранг текущей строки с пропусками; то же, что и `row_number` для первой родственной ей строки |
| `dense_rank()` | `bigint` | ранг текущей строки без пропусков; эта функция считает группы родственных строк |
| `percent_rank()` | `double precision` | относительный ранг текущей строки: (`rank` - 1) / (общее число строк раздела - 1) |
| `cume_dist()` | `double precision` | кумулятивное распределение: (число строк раздела, предшествующих или родственных текущей строке) / общее число строк раздела |
| `ntile(` *`число_групп`* `integer)` | `integer` | ранжирование по целым числам от 1 до значения аргумента |

| Функция | Тип результата | Описание |
|---|---|---|
| | | так, чтобы размеры групп были максимально близки |
| lag( *значение* anyelement [, *смещение* integer [, *по_умолчанию* anyelement ]]) | тип аргумента *значение* | возвращает *значение* для строки, положение которой задаётся *смещением* от текущей строки к началу раздела; если такой строки нет, возвращается значение *по_умолчанию* (оно должно иметь тот же тип, что и *значение*). Оба параметра *смещение* и *по_умолчанию* вычисляются для текущей строки. Если они не указываются, то *смещение* считается равным 1, а *по_умолчанию* — NULL |
| lead( *значение* anyelement [, *смещение* integer [, *по_умолчанию* anyelement ]]) | тип аргумента *значение* | возвращает *значение* для строки, положение которой задаётся *смещением* от текущей строки к концу раздела; если такой строки нет, возвращается значение *по_умолчанию* (оно должно иметь тот же тип, что и *значение*). Оба параметра *смещение* и *по_умолчанию* вычисляются для текущей строки. Если они не указываются, то *смещение* считается равным 1, а *по_умолчанию* — NULL |
| first_value( *значение* any) | тип аргумента *значение* | возвращает *значение*, вычисленное для первой строки в рамке окна |
| last_value( *значение* any) | тип аргумента *значение* | возвращает *значение*, вычисленное для последней строки в рамке окна |
| nth_value( *значение* any, *n* integer) | тип аргумента *значение* | возвращает *значение*, вычисленное в *n-ой* строке в рамке окна (считая с 1), или NULL, если такой строки нет |

Результат всех функций, перечисленных в Таблице 9.57, 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 (RANGE или ROWS). 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.)

Функция cume_dist вычисляет процент строк раздела, которые меньше или равны текущей строке или родственным ей строкам, тогда как percent_rank вычисляет процент строк раздела, которые меньше текущей строки, в предположении, что текущая строка не относится к разделу.

# 9.22. 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).

## 9.22.1. 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);
```

## 9.22.2. 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.

### 9.22.3. 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.

## 9.22.4. 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 9.23.5.

## 9.22.5. 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 9.23.5.

### 9.22.6. 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 9.23.5.

## 9.23. 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).

### 9.23.1. IN

*выражение* IN (*значение* [, ...])

Справа в скобках записывается список скалярных 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.

### 9.23.2. NOT IN

*выражение* NOT IN (*значение* [, ...])

Справа в скобках записывается список скалярных 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.

## 9.23.3. `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`.

## 9.23.4. `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.

## 9.23.5. Сравнение конструкторов строк

*конструктор_строки оператор конструктор_строки*

С обеих сторон представлены конструкторы строк (они описываются в Подразделе 4.2.13). При этом данные строки должны содержать одинаковое число полей. После вычисления каждой стороны они сравниваются по строкам. Сравнения конструкторов строк возможны с *оператором* `=`, `<>`, `<`, `<=`, `>` или `>=`. Каждый элемент строки должен иметь тип, для которого определён класс операторов B-дерева; в противном случае при попытке сравнения может возникнуть ошибка.

> **Примечание**
>
> Ошибок, связанных с числом или типов элементов, не должно быть, если сравнение выполняется с ранее полученными столбцами.

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.

## 9.23.6. 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 9.23.5), или строки, созданной конструктором, со строкой результата подзапроса (как было описано в Разделе 9.22). 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 9.23.5).

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 применяются внутри системы для материализованных представлений и могут быть полезны для других специальных целей (например, репликации), но, вообще говоря, не предназначены для использования в обычных запросах.

# 9.24. 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 9.58 и Таблице 9.59. 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 9.58. Функции, генерирующие ряды значений**

| Функция | Тип аргумента | Тип результата | Описание |
|---|---|---|---|
| `generate_series( start, stop)` | `int`, `bigint` или `numeric` | `setof int`, `setof bigint` или `setof numeric` (определяется типом аргумента) | Выдаёт ряд целых чисел от *start* до *stop* с шагом 1 |
| `generate_series( start, stop, step)` | `int`, `bigint` или `numeric` | `setof int`, `setof bigint` или `setof numeric` (определяется типом аргумента) | Выдаёт ряд значений от *start* до *stop* с заданным шагом (*step*) |
| `generate_series( start, stop, step interval)` | `timestamp` или `timestamp with time zone` | `setof timestamp` или `setof timestamp with time zone` (определяется типом аргумента) | 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 какой-либо аргумент равен `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)

-- этот пример задействует 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 9.59. Функции, генерирующие индексы массивов**

| Функция | Тип результата | Описание |
|---|---|---|
| generate_subscripts( *array anyarray*, *dim int*) | setof int | Выдаёт ряд значений для использования в качестве индекса данного массива. |
| generate_subscripts( *array anyarray*, *dim int*, *reverse boolean*) | setof int | Выдаёт ряд значений для использования в качестве индекса данного массива. Если параметр *reverse* равен true, значения выдаются от большего к меньшему. |

Функция generate_subscripts позволяет упростить получение всего набора индексов для указанной размерности заданного массива. Она выдаёт 0 строк, если в массиве нет указанной размерности или сам массив равен NULL (хотя для элементов, равных NULL, индексы будут выданы, как и для любых других). 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 после функции в предложении `FROM` добавляется `WITH ORDINALITY`, в выходные данные 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 строк)
```

# 9.25. Системные информационные функции

В Таблице 9.60 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 28.2.2.

**Таблица 9.60. Функции получения информации о сеансе**

| Имя | Тип результата | Описание |
|---|---|---|
| `current_catalog` | `name` | имя текущей базы данных (в стандарте SQL она называется «каталогом») |
| `current_database()` | `name` | имя текущей базы данных |
| `current_query()` | `text` | текст запроса, выполняемого в данный момент, в том виде, в каком его передал клиент (может состоять из нескольких операторов) |
| `current_role` | `name` | синоним `current_user` |
| `current_schema [()]` | `name` | имя текущей схемы |
| `current_schemas( boolean)` | `name[]` | имена схем в пути поиска, возможно включая схемы, добавляемые в него неявно |
| `current_user` | `name` | имя пользователя в текущем контексте выполнения |
| `inet_client_addr()` | `inet` | адрес удалённой стороны соединения |
| `inet_client_port()` | `int` | порт удалённой стороны соединения |
| `inet_server_addr()` | `inet` | адрес локальной стороны соединения |
| `inet_server_port()` | `int` | порт локальной стороны соединения |
| `pg_backend_pid()` | `int` | код серверного процесса, обслуживающего текущий сеанс |
| `pg_blocking_pids( int)` | `int[]` | идентификаторы процессов, не дающих серверному процессу с определённым ID получить блокировку |
| `pg_conf_load_time()` | `timestamp with time zone` | время загрузки конфигурации |
| `pg_current_logfile( [ text])` | `text` | имя файла главного журнала или журнала в заданном формате, который в настоящее время используется сборщиком сообщений |
| `pg_my_temp_schema()` | `oid` | OID временной схемы этого сеанса или 0, если её нет |
| `pg_is_other_temp_schema( oid)` | `boolean` | является ли заданная схема временной в другом сеансе? |

| Имя | Тип результата | Описание |
|---|---|---|
| pg_listening_channels() | setof text | имена каналов, по которым текущий сеанс принимает сигналы |
| pg_notification_queue_usage() | double | занятая доля очереди асинхронных уведомлений (0-1) |
| pg_postmaster_start_time() | timestamp with time zone | время запуска сервера |
| pg_safe_snapshot_blocking_pids( int) | int[] | Идентификаторы процессов, не дающих серверному процессу с определённым ID получить безопасный снимок |
| pg_trigger_depth() | int | текущий уровень вложенности в триггерах PostgreSQL (0, если эта функция вызывается (прямо или косвенно) не из тела триггера) |
| session_user | name | имя пользователя сеанса |
| user | name | синоним current_user |
| version() | text | информация о версии PostgreSQL. Также можно прочитать версию в машинно-ориентированном виде, обратившись к переменной server_version_num. |

## 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.)

Функция current_schema возвращает имя схемы, которая стоит первой в пути поиска (или NULL, если путь поиска пуст). Эта схема будет задействована при создании таблиц или других именованных объектов, если целевая схема не указана явно. Функция current_schemas(boolean) возвращает массив имён всех схем, находящихся в пути поиска. Её логический параметр определяет, будут ли включаться в результат неявно добавляемые в путь поиска системные схемы, такие как pg_catalog.

## Примечание

Путь поиска можно изменить во время выполнения следующей командой:

```
SET search_path TO схема [, схема, ...]
```

Функция inet_client_addr возвращает IP-адрес текущего клиента, inet_client_port — номер его порта, inet_server_addr — IP-адрес сервера, по которому он принял подключение клиента, а inet_server_port — соответствующий номер порта. Все эти функции возвращают NULL, если текущее соединение устанавливается через Unix-сокет.

Функция pg_blocking_pids возвращает массив идентификаторов процессов сеансов, которые блокирует серверный процесс с указанным идентификатором, либо пустой массив, если такой серверный процесс не найден или не заблокирован. Один серверный процесс блокирует другой, если он либо удерживает блокировку, конфликтующую с блокировкой, запрашиваемой серверным процессом (жёсткая блокировка), либо ждёт блокировки, 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, хоть и на короткое время.

Функция pg_conf_load_time возвращает время (timestamp with time zone), 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.)

Функция pg_current_logfile возвращает в значении text путь к файлам журналов, в настоящее время используемым сборщиком сообщений. Этот путь состоит из каталога log_directory и имени файла журнала. Если сборщик сообщений отключён, возвращается значение NULL. Если ведутся несколько журналов в разных форматах, при вызове функции pg_current_logfile без аргументов возвращается путь файла, имеющего первый формат по порядку из следующего списка: stderr, csvlog. Если файл журнала имеет какой-то иной формат, возвращается NULL. Чтобы запросить файл в определённом формате, передайте либо csvlog, либо stderr в качестве значения необязательного параметра типа text. Если запрошенный формат не включён в log_destination, будет возвращено значение NULL. Функция pg_current_logfile отражает содержимое файла current_logfiles.

pg_my_temp_schema возвращает OID временной схемы текущего сеанса или 0, если такой нет (в рамках сеанса не создавались временные таблицы). pg_is_other_temp_schema возвращает 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.)

Функция pg_listening_channels возвращает набор имён каналов асинхронных уведомлений, на которые подписан текущий сеанс. Функция pg_notification_queue_usage возвращает долю от всего свободного пространства для уведомлений, в настоящее время занятую уведомлениями, ожидающими обработки, в виде значения double в диапазоне 0..1. За дополнительными сведениями обратитесь к LISTEN и NOTIFY.

pg_postmaster_start_time возвращает время (timestamp with time zone), когда был запущен сервер.

Функция pg_safe_snapshot_blocking_pids возвращает массив идентификаторов процессов сеансов, которые блокируют серверный процесс с указанным идентификатором (не дают получить

ему безопасный снимок), либо пустой массив, если такой серверный процесс не найден или 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 базы данных, так как ей нужен доступ к общему состоянию менеджера предикатных блокировок, хоть и на короткое время.

Функция version возвращает 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 server_version_num (она появилась в версии 8.2) либо PQserverVersion , а не разбирать текстовую версию.

В Таблице 9.61 перечислены функции, позволяющую пользователю программно проверить свои права доступа к объектам. Подробнее о правах можно узнать в Разделе 5.6.

**Таблица 9.61. Функции для проверки прав доступа**

| Имя | Тип результата | Описание |
|---|---|---|
| has_any_column_privilege ( *user*, *table*, *privilege*) | boolean | имеет ли пользователь указанное право для какого-либо столбца таблицы |
| has_any_column_privilege ( *table*, *privilege*) | boolean | имеет ли текущий пользователь указанное право для какого-либо столбца таблицы |
| has_column_privilege ( *user*, *table*, *column*, *privilege*) | boolean | имеет ли пользователь указанное право для столбца |
| has_column_privilege ( *table*, *column*, *privilege*) | boolean | имеет ли текущий пользователь указанное право для столбца |
| has_database_privilege ( *user*, *database*, *privilege*) | boolean | имеет ли пользователь указанное право для базы данных |
| has_database_privilege ( *database*, *privilege*) | boolean | имеет ли текущий пользователь указанное право для базы данных |
| has_foreign_data_wrapper_privilege ( *user*, *fdw*, *privilege*) | boolean | имеет ли пользователь указанное право для обёртки сторонних данных |
| has_foreign_data_wrapper_privilege ( *fdw*, *privilege*) | boolean | имеет ли текущий пользователь указанное право для обёртки сторонних данных |
| has_function_privilege ( *user*, *function*, *privilege*) | boolean | имеет ли пользователь указанное право для функции |
| has_function_privilege ( *function*, *privilege*) | boolean | имеет ли текущий пользователь указанное право для функции |
| has_language_privilege ( *user*, *language*, *privilege*) | boolean | имеет ли пользователь указанное право для языка |
| has_language_privilege ( *language*, *privilege*) | boolean | имеет ли текущий пользователь указанное право для языка |
| has_schema_privilege ( *user*, *schema*, *privilege*) | boolean | имеет ли пользователь указанное право для схемы |

| Имя | Тип результата | Описание |
|---|---|---|
| has_schema_privilege ( *schema*, *privilege*) | boolean | имеет ли текущий пользователь указанное право для схемы |
| has_sequence_privilege ( *user*, *sequence*, *privilege*) | boolean | имеет ли пользователь указанное право для последовательности |
| has_sequence_privilege ( *sequence*, *privilege*) | boolean | имеет ли текущий пользователь указанное право для последовательности |
| has_server_privilege ( *user*, *server*, *privilege*) | boolean | имеет ли пользователь указанное право для стороннего сервера |
| has_server_privilege ( *server*, *privilege*) | boolean | имеет ли текущий пользователь указанное право для стороннего сервера |
| has_table_privilege ( *user*, *table*, *privilege*) | boolean | имеет ли пользователь указанное право для таблицы |
| has_table_privilege ( *table*, *privilege*) | boolean | имеет ли текущий пользователь указанное право для таблицы |
| has_tablespace_privilege ( *user*, *tablespace*, *privilege*) | boolean | имеет ли пользователь указанное право для табличного пространства |
| has_tablespace_privilege ( *tablespace*, *privilege*) | boolean | имеет ли текущий пользователь указанное право для табличного пространства |
| has_type_privilege ( *user*, *type*, *privilege*) | boolean | имеет ли пользователь указанное право для типа |
| has_type_privilege ( *type*, *privilege*) | boolean | имеет ли текущий пользователь указанное право для типа |
| pg_has_role ( *user*, *role*, *privilege*) | boolean | имеет ли пользователь указанное право для роли |
| pg_has_role ( *role*, *privilege*) | boolean | имеет ли текущий пользователь указанное право для роли |
| row_security_active ( *table*) | boolean | включена ли для текущего пользователя защита на уровне строк для таблицы |

has_table_privilege проверяет, может ли пользователь выполнять с таблицей заданные действия. В качестве идентификатора пользователя можно задать его имя, OID (pg_authid.oid) или public (это будет указывать на псевдороль PUBLIC). Если этот аргумент опущен, подразумевается текущий пользователь (current_user). Таблицу можно указать по имени или по OID. (Таким образом, фактически есть шесть вариантов функции has_table_privilege, различающихся по числу и типу аргументов.) Когда указывается имя объекта, его можно дополнить именем схемы, если это необходимо. Интересующее право доступа записывается в виде текста и может быть одним из следующих: SELECT, INSERT, UPDATE, DELETE, TRUNCATE, REFERENCES и TRIGGER. 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 названий прав через запятую, и тогда функция возвратит true, если пользователь имеет одно из этих прав. (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');
```

has_sequence_privilege проверяет, может ли пользователь выполнять заданные действия с последовательностью. В определении аргументов эта функция аналогична has_table_privilege. Допустимые для неё права складываются из USAGE, SELECT и UPDATE.

has_any_column_privilege проверяет, может ли пользователь выполнять заданные действия с каким-либо столбцом таблицы. В определении аргументов эта функция аналогична has_table_privilege, а допустимые права складываются из SELECT, INSERT, UPDATE и REFERENCES. Заметьте, что любое из этих прав, назначенное на уровне таблицы, автоматически распространяется на все её столбцы, так что has_any_column_privilege всегда возвращает true, если has_table_privilege даёт положительный ответ для тех же аргументов. Но has_any_column_privilege возвращает true ещё и тогда, когда право назначено только для некоторых столбцов.

has_column_privilege проверяет, может ли пользователь выполнять заданные действия со столбцом таблицы. В определении аргументов эта функция аналогична has_table_privilege, с небольшим дополнением: столбец можно задать по имени или номеру атрибута. Для неё допустимые права складываются из SELECT, INSERT, UPDATE и REFERENCES. Заметьте, что любое из этих прав, назначенное на уровне таблицы, автоматически распространяется на все столбцы таблицы.

has_database_privilege проверяет, может ли пользователь выполнять заданные действия с базой данных. В определении аргументов эта функция аналогична has_table_privilege. Для неё допустимые права складываются из CREATE, CONNECT и TEMPORARY (или TEMP, что равносильно TEMPORARY).

has_function_privilege проверяет, может ли пользователь обратиться к заданной функции. В определении аргументов эта функция аналогична has_table_privilege. Когда функция определяется не своим OID, а текстовой строкой, эта строка должна быть допустимой для вводимого значения типа regprocedure (см. Раздел 8.18). Для этой функции допустимо только право EXECUTE. Например:

```
SELECT has_function_privilege('joeuser', 'myfunc(int, text)', 'execute');
```

has_foreign_data_wrapper_privilege проверяет, может ли пользователь обращаться к обёртке сторонних данных. В определении аргументов она аналогична has_table_privilege. Для неё допустимо только право USAGE.

has_language_privilege проверяет, может ли пользователь обращаться к процедурному языку. В определении аргументов эта функция аналогична has_table_privilege. Для неё допустимо только право USAGE.

has_schema_privilege проверяет, может ли пользователь выполнять заданные действия со схемой. В определении аргументов эта функция аналогична has_table_privilege. Для неё допустимые права складываются из CREATE и USAGE.

has_server_privilege проверяет, может ли пользователь обращаться к стороннему серверу. В определении аргументов она аналогична has_table_privilege. Для неё допустимо только право USAGE.

has_tablespace_privilege проверяет, может ли пользователь выполнять заданное действие в табличном пространстве. В определении аргументов эта функция аналогична has_table_privilege. Для неё допустимо только право CREATE.

has_type_privilege проверяет, может ли пользователь обратиться к типу определённым образом. Возможные аргументы аналогичны has_table_privilege. При указании типа текстовой строкой, а не по OID, допускаются те же входные значения, что и для типа данных regtype (см. Раздел 8.18). Для неё допустимо только право USAGE.

pg_has_role проверяет, может ли пользователь выполнять заданные действия с ролью. В определении аргументов эта функция аналогична has_table_privilege, за исключением того, что име-

нем пользователя не может быть public. Для неё допустимые права складываются из MEMBER и USAGE. MEMBER обозначает прямое или косвенное членство в данной роли (то есть наличие права выполнить команду SET ROLE), тогда как USAGE показывает, что пользователь получает все права роли сразу, без SET ROLE.

row_security_active проверяет, включена ли защита на уровне строк для указанной таблицы в контексте и окружении текущего пользователя (current_user). Таблицу можно задать по имени или OID.

В Таблице 9.62 перечислены 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 по пути поиска 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);
```

**Таблица 9.62. Функции для определения видимости**

| Имя | Тип результата | Описание |
|---|---|---|
| pg_collation_is_visible( *collation_oid* ) | boolean | видимо ли правило сортировки |
| pg_conversion_is_visible( *conversion_oid* ) | boolean | видимо ли преобразование |
| pg_function_is_visible( *function_oid* ) | boolean | видима ли функция |
| pg_opclass_is_visible( *opclass_oid* ) | boolean | видим ли класс операторов |
| pg_operator_is_visible( *operator_oid* ) | boolean | видим ли оператор |
| pg_opfamily_is_visible( *opclass_oid* ) | boolean | видимо ли семейство операторов |
| 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 |
| 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) |

Каждая из этих функций проверяет видимость объектов определённого типа. Заметьте, что pg_table_is_visible можно также использовать для представлений, материализованных представлений, индексов, последовательностей и сторонних таблиц; pg_type_is_visible можно также использовать и для доменов. Для функций и операторов объект считается видимым в пути поиска, если при просмотре пути не находится предшествующий ему другой объект с тем же именем *и*

*типами аргументов*. Для классов операторов во внимание принимается и имя оператора, и связанный с ним метод доступа к индексу.

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 9.63 перечислены функции, извлекающие информацию из системных каталогов.

**Таблица 9.63. Функции для обращения к системным каталогам**

| Имя | Тип результата | Описание |
|---|---|---|
| `format_type(` *type_oid* `,` *typemod*`)` | `text` | получает имя типа данных в формате SQL |
| `pg_get_constraintdef(` *constraint_oid* `)` | `text` | получает определение ограничения |
| `pg_get_constraintdef(` *constraint_oid* `,` *pretty_bool* `)` | `text` | получает определение ограничения |
| `pg_get_expr(` *pg_node_tree* `,` *relation_oid* `)` | `text` | декомпилирует внутреннюю форму выражения, в предположении, что все переменные в нём ссылаются на таблицу или отношение, указанное вторым параметром |
| `pg_get_expr(` *pg_node_tree* `,` *relation_oid* `,` *pretty_bool* `)` | `text` | декомпилирует внутреннюю форму выражения, в предположении, что все переменные в нём ссылаются на таблицу или отношение, указанное вторым параметром |
| `pg_get_functiondef(` *func_oid* `)` | `text` | получает определение функции |
| `pg_get_function_arguments(` *func_oid* `)` | `text` | получает список аргументов из определения функции (со значениями по умолчанию) |
| `pg_get_function_identity_arguments(` *func_oid* `)` | `text` | получает список аргументов, идентифицирующий функцию ( без значений по умолчанию) |
| `pg_get_function_result(` *func_oid* `)` | `text` | получает предложение `RETURNS` для функции |
| `pg_get_indexdef(` *index_oid* `)` | `text` | получает команду `CREATE INDEX` для индекса |
| `pg_get_indexdef(` *index_oid* `,` *column_no* `,` *pretty_bool* `)` | `text` | получает команду `CREATE INDEX` для индекса или определение одного индексированного столбца, когда *column_no* не равен 0 |
| `pg_get_keywords()` | `setof record` | получает список ключевых слов SQL по категориям |

| Имя | Тип результата | Описание |
|---|---|---|
| pg_get_ruledef( *rule_oid* ) | text | получает команду CREATE RULE для правила |
| pg_get_ruledef( *rule_oid* , *pretty_bool* ) | text | получает команду CREATE RULE для правила |
| pg_get_serial_sequence( *table_name* , *column_name* ) | text | получает имя последовательности, используемой столбцом идентификации или столбцом serial |
| pg_get_statisticsobjdef( *statobj_oid* ) | text | получает команду CREATE STATISTICS для объекта расширенной статистики |
| pg_get_triggerdef (*trigger_oid* ) | text | получает команду CREATE [ CONSTRAINT ] TRIGGER для триггера |
| pg_get_triggerdef (*trigger_oid* ,*pretty_bool* ) | text | получает команду CREATE [ CONSTRAINT ] TRIGGER для триггера |
| pg_get_userbyid( *role_oid* ) | name | получает имя роли по заданному OID |
| pg_get_viewdef( *view_name* ) | text | получает команду SELECT, определяющую представление или материализованное представление (*устаревшая* функция) |
| pg_get_viewdef( *view_name* , *pretty_bool* ) | text | получает команду SELECT, определяющую представление или материализованное представление (*устаревшая* функция) |
| pg_get_viewdef( *view_oid* ) | text | получает команду SELECT, определяющую представление или материализованное представление |
| pg_get_viewdef( *view_oid* , *pretty_bool* ) | text | получает команду SELECT, определяющую представление или материализованное представление |
| pg_get_viewdef( *view_oid* , *wrap_column_int* ) | text | получает команду SELECT, определяющую представление или материализованное представление; при необходимости разбивает строки с полями, выходящие за wrap_int символов, подразумевая форматированный вывод |
| pg_index_column_has_property( *index_oid* , *column_no* , *prop_name* ) | boolean | проверяет, имеет ли столбец индекса заданное свойство |
| pg_index_has_property( *index_oid* , *prop_name* ) | boolean | проверяет, имеет ли индекс заданное свойство |

| Имя | Тип результата | Описание |
|---|---|---|
| pg_indexam_has_property( *am_oid* , *prop_name* ) | boolean | проверяет, имеет ли метод доступа индекса заданное свойство |
| pg_options_to_table( *reloptions*) | setof record | получает набор параметров хранилища в виде имя/значение |
| pg_tablespace_databases( *tablespace_oid* ) | setof oid | получает или устанавливает OID баз данных, объекты которых содержатся в заданном табличном пространстве |
| pg_tablespace_location( *tablespace_oid* ) | text | получает путь в файловой системе к местоположению заданного табличного пространства |
| pg_typeof( *any*) | regtype | получает тип данных любого значения |
| collation for ( *any*) | text | получает правило сортировки для аргумента |
| to_regclass( *rel_name* ) | regclass | получает OID указанного отношения |
| to_regproc( *func_name* ) | regproc | получает OID указанной функции |
| to_regprocedure( *func_name* ) | regprocedure | получает OID указанной функции |
| to_regoper( *имя_оператора* ) | regoper | получает OID указанного оператора |
| to_regoperator( *имя_оператора*) | regoperator | получает OID указанного оператора |
| to_regtype( *type_name* ) | regtype | получает OID указанного типа |
| to_regnamespace( *schema_name* ) | regnamespace | получает OID указанной схемы |
| to_regrole( *role_name* ) | regrole | получает OID указанной роли |

format_type возвращает в формате SQL имя типа данных, определяемого по OID и, возможно, модификатору типа. Если модификатор неизвестен, вместо него можно передать NULL.

pg_get_keywords возвращает таблицу с ключевыми словами SQL, которые воспринимает сервер. Столбец word содержит ключевое слово, а catcode — код категории: U — не зарезервировано, C — имя столбца, T — имя типа или функции, R — зарезервировано. Столбец catdesc содержит возможно локализованное описание категории.

pg_get_constraintdef, pg_get_indexdef, pg_get_ruledef, pg_get_statisticsobjdef и pg_get_triggerdef восстанавливают команду, создававшую заданное ограничение, индекс, правило, объект статистики или триггер, соответственно. (Учтите, что они возвращают не изначальный текст команды, а результат декомпиляции.) pg_get_expr декомпилирует внутреннюю форму отдельного выражения, например значения по умолчанию для столбца. Это может быть полезно для изучения содержимого системных каталогов. Если выражение может содержать переменные, укажите во втором параметре OID отношения, на который они ссылаются; если таких переменных нет, вместо OID можно передать 0. pg_get_viewdef восстанавливает запрос SELECT, определяющий представление. Многие из этих функций имеют две версии, одна из которых позволяет получить форматированный вывод (с параметром pretty_bool). Форматированный текст легче читается, но нет гарантии, что он будет всегда восприниматься одинаково будущими версиями PostgreSQL; поэтому не следует применять форматирование при выгрузке метаданных. Если в па-

раметре pretty_bool передаётся false, эта версия функции выдаёт тот же результат, что и версия без параметров.

pg_get_functiondef возвращает полный оператор CREATE OR REPLACE FUNCTION для заданной функции. pg_get_function_arguments возвращает список аргументов функции, в виде достаточном для включения в команду CREATE FUNCTION. pg_get_function_result в дополнение возвращает готовое предложение RETURNS для функции. pg_get_function_identity_arguments возвращает список аргументов, достаточный для однозначной идентификации функции, в форме, допустимой, например для команды ALTER FUNCTION. Значения по умолчанию в этой форме опускаются.

pg_get_serial_sequence возвращает имя последовательности, связанной со столбцом, либо NULL, если такой последовательности нет. Для столбца идентификации это будет последовательность, связанная с ним внутренним образом. 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 она обычно используется со столбцами serial или bigserial.) 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 9.16). Обычно она применяется для получения текущего значения последовательности для столбца идентификации или последовательного столбца, например:

```
SELECT currval(pg_get_serial_sequence('sometable', 'id'));
```

pg_get_userbyid получает имя роли по её OID.

Функции pg_index_column_has_property, pg_index_has_property и pg_indexam_has_property показывают, обладает ли указанный столбец индекса, индекс или метод доступа индекса заданным свойством. Они возвращают NULL, если имя свойства неизвестно или неприменимо к конкретному объекту, либо если OID или номер столбца не указывают на действительный объект. Описание свойств столбцов вы можете найти в Таблице 9.64, свойства индексов описаны в Таблице 9.65, а свойства методов доступа — в Таблица 9.66. (Заметьте, что методы доступа, реализуемые расширениями, могут определять для своих индексов дополнительные имена свойств.)

**Таблица 9.64. Свойства столбца индекса**

| Имя | Описание |
|---|---|
| asc | Сортируется ли столбец по возрастанию при сканировании вперёд? |
| 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? |

| Имя | Описание |
|---|---|
| search_array | Поддерживает ли столбец внутренними средствами поиск столбец = ANY(массив) ? |
| search_nulls | Поддерживает ли столбец поиск IS NULL и IS NOT NULL? |

**Таблица 9.65. 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 9.66. 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? |

pg_options_to_table возвращает набор параметров хранилища в виде пар (*имя_параметра*/*значение_параметра*), когда ей передаётся pg_class.reloptions или pg_attribute.attoptions.

pg_tablespace_databases позволяет изучить содержимое табличного пространства. Она возвращает набор OID баз данных, объекты которых размещены в этом табличном пространстве. Если эта функция возвращает строки, это означает, что табличное пространство не пустое и удалить его нельзя. Какие именно объекты находятся в табличном пространстве, можно узнать, подключаясь к базам данных, OID которых сообщила pg_tablespace_databases, и анализируя их каталоги pg_class.

pg_typeof возвращает 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 8.18); это означает, что значение этого типа можно сравнивать как OID, но выводится оно как название типа. Например:

```
SELECT pg_typeof(33);

 pg_typeof
-----------
 integer
(1 row)
```

```
SELECT typlen FROM pg_type WHERE oid = pg_typeof(33);
 typlen
--------
      4
(1 row)
```

Выражение `collation for` возвращает правило сортировки для переданного значения. Например:

```
SELECT collation for (description) FROM pg_description LIMIT 1;
 pg_collation_for
------------------
 "default"
(1 row)

SELECT collation for ('foo' COLLATE "de_DE");
 pg_collation_for
------------------
 "de_DE"
(1 row)
```

Это значение может быть заключено в кавычки и дополнено схемой. Если для выражения аргумента нет правила сортировки, возвращается значение NULL. Если же правила сортировки не применимы для типа аргумента, происходит ошибка.

Функции `to_regclass`, `to_regproc`, `to_regprocedure`, `to_regoper`, `to_regoperator`, `to_regtype`, `to_regnamespace` и `to_regrole` преобразуют имена отношений, функций, операторов, типов, схем и ролей (заданных значением `text`) в объекты типа `regclass`, `regproc`, `regprocedure`, `regoper`, `regoperator`, `regtype`, `regnamespace` и `regrole`, соответственно. Перечисленные функции отличаются от явных приведений к этим типам тем, что они не принимают числовые OID и возвращают NULL вместо ошибки, если имя не найдено (или, в случае с `to_regproc` и `to_regoper`, если данному имени соответствуют несколько объектов).

В Таблице 9.67 перечислены функции, связанные с идентификацией и адресацией объектов баз данных.

**Таблица 9.67. Функции получения информации и адресации объектов**

| Имя | Тип результата | Описание |
|---|---|---|
| `pg_describe_object(` *`classid`* `oid,` *`objid`* `oid,` *`objsubid`* `integer)` | `text` | получает описание объекта базы данных |
| `pg_identify_object(` *`classid`* `oid,` *`objid`* `oid,` *`objsubid`* `integer)` | *`type`* `text,` *`schema`* `text,` *`name`* `text,` *`identity`* `text` | получает идентификатор объекта базы данных |
| `pg_identify_object_as_address(` *`classid`* `oid,` *`objid`* `oid,` *`objsubid`* `integer)` | *`type`* `text,` *`object_names`* `text[],` *`object_args`* `text[]` | получает внешнее представление адреса объекта базы данных |
| `pg_get_object_address(` *`type`* `text,` *`name`* `text[],` *`аргументы`* `text[])` | *`classid`* `oid,` *`objid`* `oid,` *`objsubid`* `integer` | получает адрес объекта базы данных из его внешнего представления |

`pg_describe_object` возвращает 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. С помощью этой функции, например, можно узнать, что за объект хранится в каталоге `pg_depend`.

pg_identify_object возвращает 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 возвращает 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. Данная функция является обратной к pg_get_object_address.

pg_get_object_address возвращает запись, содержащую достаточно информации для уникальной идентификации объекта БД по его типу 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_identify_object или pg_describe_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 9.68, извлекают комментарии, заданные для объектов с помощью команды COMMENT. Если найти комментарий для заданных параметров не удаётся, они возвращают NULL.

**Таблица 9.68. Функции получения комментариев**

| Имя | Тип результата | Описание |
|---|---|---|
| col_description( *table_oid* , *column_number* ) | text | получает комментарий для столбца таблицы |
| obj_description( *object_oid* , *catalog_name* ) | text | получает комментарий для объекта базы данных |
| obj_description( *object_oid* ) | text | получает комментарий для объекта базы данных (*устаревшая* форма) |
| shobj_description( *object_oid* , *catalog_name* ) | text | получает комментарий для разделяемого объекта баз данных |

col_description возвращает комментарий для столбца с заданным номером в таблице с указанным OID. (obj_description нельзя использовать для столбцов таблицы, так столбцы не имеют собственных OID.)

Функция obj_description с двумя параметрами возвращает комментарий для объекта, имеющего заданный OID и находящегося в указанном системном каталоге. Например, obj_description(123456,'pg_class') вернёт комментарий для таблицы с OID 123456. Форма obj_description с одним параметром принимает только OID. Она является устаревшей, так как значения OID могут повторяться в разных системных каталогах, и поэтому она может возвращать комментарий для другого объекта.

shobj_description работает подобно obj_description, но она получает комментарии для разделяемых объектов. Некоторые системные каталоги являются глобальными для всех баз данных в кластере и описания объектов в них также хранятся глобально.

Функции, перечисленные в Таблице 9.69, выдают информацию о транзакциях сервера в форме во внешнем представлении. В основном эти функции используются, чтобы определить, какие транзакции были зафиксированы между двумя снимками состояния.

**Таблица 9.69. Идентификаторы транзакций и снимков состояния**

| Имя | Тип результата | Описание |
|---|---|---|
| `txid_current()` | `bigint` | получает идентификатор текущей транзакции и присваивает новый, если текущая транзакция его не имеет |
| `txid_current_if_assigned()` | `bigint` | работает аналогично `txid_current()`, но возвращает NULL, не присваивая новый идентификатор транзакции, если он ещё не присвоен |
| `txid_current_snapshot()` | `txid_snapshot` | получает код текущего снимка |
| `txid_snapshot_xip(` *`txid_snapshot`*`)` | `setof bigint` | возвращает идентификаторы выполняющихся транзакций в снимке |
| `txid_snapshot_xmax(` *`txid_snapshot`*`)` | `bigint` | возвращает значение `xmax` для заданного снимка |
| `txid_snapshot_xmin(` *`txid_snapshot`*`)` | `bigint` | возвращает значение `xmin` для заданного снимка |
| `txid_visible_in_snapshot(` *`bigint`*`,` *`txid_snapshot`*`)` | `boolean` | видима ли транзакция с указанным идентификатором в данном снимке? (коды подтранзакций не поддерживаются) |
| `txid_status(` *`bigint`*`)` | `text` | возвращает состояние заданной транзакции — `committed` (зафиксирована), `aborted` (прервана), `in progress` (выполняется) или NULL, если идентификатор транзакции слишком старый |

Внутренний тип идентификаторов транзакций (`xid`) имеет размер 32 бита, поэтому они повторяются через 4 миллиарда транзакций. Однако эти функции выдают 64-битные значения, дополненные счётчиком «эпохи», так что эти значения останутся уникальными на протяжении всей жизни сервера. Используемый этими функциями тип данных `txid_snapshot` сохраняет информацию о видимости транзакций в определённый момент времени. Его состав описан в Таблице 9.70.

**Таблица 9.70. Состав информации о снимке**

| Имя | Описание |
|---|---|
| `xmin` | Идентификатор самой ранней транзакции (txid) из активных. Все предыдущие транзакции либо зафиксированы и видимы, либо отменены и мертвы. |
| `xmax` | Первый txid из ещё не назначенных. На момент снимка не было запущенных (а значит и видимых) транзакций с идентификатором, большим или равным данному. |
| `xip_list` | Список идентификаторов транзакций, активных в момент снимка. Он включает только идентификаторы с номерами от `xmin` до `xmax`; хотя уже мо- |

| Имя | Описание |
|---|---|
| | гут быть транзакции с идентификаторами больше xmax. Если в этом списке не оказывается идентификатора транзакции xmin <= txid < xmax, это означает, что она уже не выполнялась к моменту снимка и, таким образом, видима или мертва, в зависимости от типа завершения. Идентификаторы подтранзакций в этот список не включаются. |

В текстовом виде txid_snapshot представляется как *xmin*:*xmax*:*xip_list*. Например, 10:20:10,14,15 означает xmin=10, xmax=20, xip_list=10, 14, 15.

Функция txid_status(bigint) выдаёт состояние фиксации последней транзакции. Проверяя его, приложения могут определить, была ли транзакция зафиксирована или прервана, когда приложение отключается от сервера баз данных в процессе выполнения COMMIT. Состояние транзакции может быть следующим: in progress (выполняется), committed (зафиксирована) и aborted (прервана), если только транзакция не настолько стара, чтобы система удалила информация о её состоянии фиксирования. Если же она так стара, что упоминаний о ней в системе не осталось и информация о фиксации потеряна, эта функция возвращает NULL. Заметьте, что для подготовленных транзакций возвращается состояние in progress; приложения должны проверять pg_prepared_xacts, если им нужно определить, является ли транзакция «txid» подготовленной.

Функции, показанные в Таблице 9.71, выдают информацию об уже зафиксированных транзакциях. Они возвращают полезные данные, только когда включён параметр конфигурации track_commit_timestamp и только для транзакций, зафиксированных после его включения.

**Таблица 9.71. Информация о фиксации транзакций**

| Имя | Тип результата | Описание |
|---|---|---|
| pg_xact_commit_timestamp( *xid*) | timestamp with time zone | выдаёт время фиксации транзакции |
| pg_last_committed_xact() | *xid* xid, *timestamp* timestamp with time zone | выдаёт идентификатор и время фиксации транзакции, зафиксированной последней |

Функции, перечисленные в Таблице 9.72, выводят свойства, установленные командой initdb, например, версию каталога. Они также выводят сведения о работе журнала предзаписи и контрольных точках. Эта информация относится ко всему кластеру, а не к отдельной базе данных. Данные функции выдают практически всю ту же информацию, и из того же источника, что и pg_controldata, но в форме, более подходящей для функций SQL.

**Таблица 9.72. Функции управления данными**

| Имя | Тип результата | Описание |
|---|---|---|
| pg_control_checkpoint() | record | Возвращает информацию о состоянии текущей контрольной точки. |
| pg_control_system() | record | Возвращает информацию о текущем состоянии управляющего файла. |
| pg_control_init() | record | Возвращает информацию о состоянии инициализации кластера. |
| pg_control_recovery() | record | Возвращает информацию о состоянии восстановления. |

Функция pg_control_checkpoint возвращает запись, показанную в Таблице 9.73.

**Таблица 9.73. Столбцы результата `pg_control_checkpoint`**

| Имя столбца | Тип данных |
|---|---|
| checkpoint_lsn | pg_lsn |
| prior_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 |

Функция `pg_control_system` возвращает запись, показанную в Таблице 9.74.

**Таблица 9.74. 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 |

Функция `pg_control_init` возвращает запись, показанную в Таблице 9.75.

**Таблица 9.75. 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 |
| bytes_per_wal_segment | integer |
| max_identifier_length | integer |
| max_index_columns | integer |
| max_toast_chunk_size | integer |
| large_object_chunk_size | integer |

| Имя столбца | Тип данных |
|---|---|
| float4_pass_by_value | boolean |
| float8_pass_by_value | boolean |
| data_page_checksum_version | integer |

Функция pg_control_recovery возвращает запись, показанную в Таблице 9.76

**Таблица 9.76. 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 |

# 9.26. Функции для системного администрирования

Функции, описанные в этом разделе, предназначены для контроля и управления сервером PostgreSQL.

## 9.26.1. Функции для управления конфигурацией

В Таблице 9.77 показаны функции, позволяющие получить и изменить значения параметров конфигурации выполнения.

**Таблица 9.77. Функции для управления конфигурацией**

| Имя | Тип результата | Описание |
|---|---|---|
| current_setting( *setting_name* [, *missing_ok* ]) | text | получает текущее значение параметра |
| set_config( *setting_name* , *new_value* , *is_local* ) | text | устанавливает новое значение параметра и возвращает его |

Функция current_setting выдаёт текущее значение параметра *setting_name*. Она соответствует стандартной SQL-команде SHOW. Пример использования:

```
SELECT current_setting('datestyle');

 current_setting
-----------------
 ISO, MDY
(1 row)
```

Если параметра с именем *setting_name* нет, функция current_setting выдаёт ошибку, если только дополнительно не передан параметр *missing_ok* со значением true.

set_config устанавливает для параметра *setting_name* значение *new_value*. Если параметр *is_local* равен true, новое значение будет действовать только в рамках текущей транзакции. Чтобы это значение действовало на протяжении текущего сеанса, ему нужно присвоить false. Эта функция соответствует SQL-команде SET. Пример использования:

```
SELECT set_config('log_statement_stats', 'off', false);

 set_config
------------
```

```
 off
(1 row)
```

## 9.26.2. Функции для передачи сигналов серверу

Функции, перечисленные в Таблице 9.78, 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.

**Таблица 9.78. Функции для передачи сигналов серверу**

| Имя | Тип результата | Описание |
|---|---|---|
| `pg_cancel_backend(` *pid* `int)` | `boolean` | Отменяет текущий запрос в обслуживающем процессе. Это действие разрешается и ролям, являющимся членами роли, обслуживающий процесс которой затрагивается, и ролям, которым дано право `pg_signal_backend` ; однако только суперпользователям разрешено воздействовать на обслуживающие процессы других суперпользователей. |
| `pg_reload_conf()` | `boolean` | Даёт команду серверным процессам перегрузить конфигурацию |
| `pg_rotate_logfile()` | `boolean` | Прокручивает журнал сообщений сервера |
| `pg_terminate_backend(` *pid* `int)` | `boolean` | Завершает обслуживающий процесс. Это действие разрешается и ролям, являющимся членами роли, обслуживающий процесс которой прерывается, и ролям, которым дано право `pg_signal_backend` ; однако только суперпользователям разрешено прерывать обслуживающие процессы других суперпользователей. |

Каждая из этих функций возвращает `true` при успешном завершении и `false` в противном случае.

`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`.

`pg_reload_conf` отправляет сигнал SIGHUP главному серверному процессу, который командует всем подчинённым процессам перезагрузить файлы конфигурации.

`pg_rotate_logfile` 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.

## 9.26.3. Функции управления резервным копированием

Функции, перечисленные в Таблице 9.79, 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).

**Таблица 9.79. Функции управления резервным копированием**

| Имя | Тип результата | Описание |
|---|---|---|
| pg_create_restore_point( *name* text) | pg_lsn | Создаёт именованную точку для восстановления (по умолчанию разрешено только суперпользователям, но право на её выполнение (EXECUTE) можно дать и другим пользователям) |
| pg_current_wal_flush_lsn() | pg_lsn | Получает текущую позицию сброса данных в журнале предзаписи |
| pg_current_wal_insert_lsn() | pg_lsn | Получает текущую позицию добавления в журнале предзаписи |
| pg_current_wal_lsn() | pg_lsn | Получает текущую позицию записи в журнале предзаписи |
| pg_start_backup( *label* text [, *fast* boolean [, *exclusive* boolean]]) | pg_lsn | Подготавливает сервер к резервному копированию (по умолчанию разрешено только суперпользователям, но право на её выполнение (EXECUTE) можно дать и другим пользователям) |
| pg_stop_backup() | pg_lsn | Завершает монопольное резервное копирование (по умолчанию разрешено только суперпользователям, но право на её выполнение (EXECUTE) можно дать и другим пользователям) |
| pg_stop_backup( *exclusive* boolean [, *wait_for_archive* boolean]) | setof record | Завершает монопольное или немонопольное резервное копирование (по умолчанию разрешено только суперпользователям, но право на её выполнение (EXECUTE) можно дать и другим пользователям) |
| pg_is_in_backup() | bool | Возвращает true в процессе исключительного резервного копирования |
| pg_backup_start_time() | timestamp with time zone | Получает время запуска выполняющегося исключительного резервного копирования |
| pg_switch_wal() | pg_lsn | Инициирует переключение на новый файл журнала предзаписи (по умолчанию разрешено только суперпользователям, но право на её выполнение ( EXECUTE) можно дать и другим пользователям) |

| Имя | Тип результата | Описание |
|---|---|---|
| pg_walfile_name( *lsn* pg_lsn ) | text | Получает из позиции в журнале предзаписи имя соответствующего файла |
| pg_walfile_name_offset( *lsn* pg_lsn ) | text, integer | Получает из позиции в журнале предзаписи имя соответствующего файла и десятичное смещение в нём |
| pg_wal_lsn_diff( *lsn* pg_lsn , *lsn* pg_lsn ) | numeric | Вычисляет разницу между двумя позициями в журнале предзаписи |

pg_start_backup принимает произвольную заданную пользователем метку резервной копии. (Обычно это имя файла, в котором будет сохранена резервная копия.) 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 в текстовом виде начальную позицию в журнале предзаписи для данной резервной копии. 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 вызывающим субъектом.

```
postgres=# select pg_start_backup('label_goes_here');
 pg_start_backup
-----------------
 0/D4445B8
(1 row)
```

У этой функции есть также второй, необязательный параметр типа boolean. Если он равен true, pg_start_backup начнёт работу максимально быстро. При этом будет немедленно выполнена процедура контрольной точки, что может повлечь массу операций ввода/вывода и затормозить параллельные запросы.

При монопольном копировании функция pg_stop_backup удаляет файл метки (и, если существует, файл tablespace_map), созданный функцией pg_start_backup. При немонопольном копировании содержимое backup_label и tablespace_map возвращается в результате функции и должно быть записано в файлы в архиве (а не в каталоге данных). Также есть 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 независимо осуществляют архивацию WAL. Если же WAL не заархивируется, резервная копия может оказаться неполной, а значит, бесполезной. Когда он равен true, 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. Возвращает данная функция позицию окончания резервной копии в журнале предзаписи (которую тоже можно игнорировать). 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.

pg_switch_wal производит переключение на следующий файл журнала предзаписи, что позволяет архивировать текущий (в предположении, что архивация выполняется непрерывно). Эта функция возвращает конечную позицию в журнале предзаписи (в только что законченном файле журнала) + 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.

pg_create_restore_point создаёт именованную запись в журнале предзаписи, которую можно использовать как цель при восстановлении, и возвращает соответствующую позицию в журнале предзаписи. Затем полученное имя можно присвоить параметру recovery_target_name, указав тем самым точку, до которой будет выполняться восстановление. Учтите, что если вы создадите несколько точек восстановления с одним именем, восстановление будет остановлено на первой точке с этим именем.

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 гарантированно сохранены 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 операции выполняются в режиме «только чтение» и не требуют прав суперпользователя.

Из результатов всех описанных выше функций можно получить имя файла журнала предзаписи и смещение в нём, используя функцию pg_walfile_name_offset. Например:

```
postgres=# SELECT * FROM pg_walfile_name_offset(pg_stop_backup());
        file_name         | file_offset
--------------------------+-------------
 00000001000000000000000D |     4039624
(1 row)
```

Подобным образом, 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.

pg_wal_lsn_diff вычисляет разницу в байтах между двумя позициями в журнале предзаписи. Полученный результат можно использовать с pg_stat_replication или другими функциями, перечисленными в Таблице 9.79, для определения задержки репликации.

Подробнее практическое применение этих функций описывается в Разделе 25.3.

## 9.26.4. Функции управления восстановлением

Функции, приведённые в Таблице 9.80, предоставляют сведения о текущем состоянии ведомого сервера. Эти функции могут выполняться, как во время восстановления, так и в обычном режиме работы.

**Таблица 9.80. Функции для получения информации о восстановлении**

| Имя | Тип результата | Описание |
|---|---|---|
| pg_is_in_recovery() | bool | Возвращает true в процессе восстановления. |
| pg_last_wal_receive_lsn() | pg_lsn | Получает позицию последней записи журнала предзаписи, полученной и записанной на диск в процессе потоковой репликации. Пока выполняется потоковая репликация, эта позиция постоянно увеличивает- |

| Имя | Тип результата | Описание |
|---|---|---|
| | | ся. По окончании восстановления она останавливается 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` | Получает позицию последней записи журнала предзаписи, воспроизведённой при восстановлении. В процессе восстановления эта позиция постоянно увеличивается. По окончании восстановления она останавливается на записи WAL, которая была восстановлена последней. Если сервер был запущен не в режиме восстановления, эта функция возвращает NULL. |
| `pg_last_xact_replay_timestamp()` | `timestamp with time zone` | Получает 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 возвращает NULL. В противном случае это значение постоянно увеличивается в процессе восстановления. По окончании восстановления оно останавливается на транзакции, которая была восстановлена последней. Если сервер был запущен не в режиме восстановления, эта функция возвращает NULL. |

Функции, перечисленные в Таблице 9.81 управляют процессом восстановления. Вызывать их в другое время нельзя.

**Таблица 9.81. Функции управления восстановлением**

| Имя | Тип результата | Описание |
|---|---|---|
| `pg_is_wal_replay_paused()` | `bool` | Возвращает true, если восстановление приостановлено. |
| `pg_wal_replay_pause()` | `void` | Немедленно приостанавливает восстановление (по умолчанию разрешено только суперпользователям, но право на её выполнение (EXECUTE) можно дать и другим пользователям). |

| Имя | Тип результата | Описание |
|---|---|---|
| pg_wal_replay_resume() | void | Перезапускает восстановление, если оно было приостановлено ( по умолчанию разрешено только суперпользователям, но право на её выполнение (EXECUTE) можно дать и другим пользователям). |

Когда восстановление приостановлено, запись изменений в базу не производится. Если она находится в «горячем резерве», все последующие запросы будут видеть один согласованный снимок базы данных и до продолжения восстановления конфликты запросов исключаются.

Когда потоковая репликация выключена, пауза при восстановлении может длиться сколь угодно долго без каких-либо проблем. Если же запущена потоковая репликация, 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.

## 9.26.5. 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 9.82, и импортируются командой SET TRANSACTION.

**Таблица 9.82. Функции синхронизации снимков**

| Имя | Тип результата | Описание |
|---|---|---|
| pg_export_snapshot() | text | Сохраняет снимок текущего состояния и возвращает его идентификатор |

Функция pg_export_snapshot создаёт снимок текущего состояния и возвращает его идентификатор в строке типа text. Данная строка должна передаваться (за рамками базы данных) клиентам, которые будут импортировать этот снимок. При этом импортировать его нужно раньше, чем завершится транзакция, которая его экспортировала. Если необходимо, транзакция может экспортировать несколько снимков. Заметьте, что это имеет смысл только для транзакций уровня READ COMMITTED, так как транзакции REPEATABLE READ и более высоких уровней изоляции работают с одним снимком состояния. После того как транзакция экспортировала снимок, её нельзя подготовить с помощью PREPARE TRANSACTION.

Подробнее использование экспортированных снимков рассматривается в описании SET TRANSACTION.

## 9.26.6. Функции репликации

В Таблице 9.83 перечислены 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 9.26.3, Подразделе 9.26.4 и Подразделе 9.26.5 также имеют отношение к репликации.

**Таблица 9.83. Функции репликации SQL**

| Функция | Тип результата | Описание |
|---|---|---|
| pg_create_physical_replication_slot( *slot_name* name [, *immediately_reserve* boolean, *temporary* boolean]) | (*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 . Для логических слотов эта функция должна вызываться через подключение к той же базе данных, в которой был создан слот. |
| pg_create_logical_replication_slot( *slot_name* name, *plugin* name [, *temporary* boolean]) | (*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 он предназначен только для текущего сеанса. Временные сло- |

| Функция | Тип результата | Описание |
|---|---|---|
| | | ты также освобождаются при любой ошибке. Вызов этой функции равнозначен выполнению команды протокола репликации CREATE_REPLICATION_SLOT ... LOGICAL . |
| pg_logical_slot_get_changes( *slot_name* name, *upto_lsn* pg_lsn , *upto_nchanges* int, VARIADIC *options* text[]) | (*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* int, VARIADIC *options* text[]) | (*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* int, VARIADIC *options* text[]) | (*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* int, VARIADIC *options* text[]) | (*lsn* pg_lsn , *xid* xid, *data* bytea) | Работает так же, как функция pg_logical_slot_get_changes() , но выдаёт изменения в типе bytea и не забирает их; то есть, они будут получены снова при следующих вызовах. |
| 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 |

| Функция | Тип результата | Описание |
|---|---|---|
| | | 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, выдаётся ошибка. |
| pg_replication_origin_session_setup( *node_name* text) | void | Помечает текущий сеанс, как воспроизводящий журнал из указанного источника, что позволяет отслеживать положение воспроизведения. Чтобы отменить это действие, вызовите pg_replication_origin_session_reset . Может использоваться, только если не был настроен предыдущий источник. |
| pg_replication_origin_session_reset() | void | Отменяет действие pg_replication_origin_session_setup() . |
| pg_replication_origin_session_is_setup() | bool | В текущем сеансе настроен источник репликации? |
| pg_replication_origin_session_progress( *flush* bool) | pg_lsn | Возвращает позицию воспроизведения для источника репликации, настроенного 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* timestamptz) | void | Помечает текущую транзакцию как воспроизводящую транзакцию, зафиксированную с указанным LSN и временем. Может вызываться только после того, как был настроен источник репликации 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 приве- |

| Функция | Тип результата | Описание |
|---|---|---|
| | | сти к несогласованности реплицированных данных. |
| pg_replication_origin_progress( *node_name* text, *flush* bool) | pg_lsn | Возвращает позицию воспроизведения для заданного источника репликации. Параметр *flush* определяет, будет ли гарантироваться сохранение локальной транзакции на диске. |
| pg_logical_emit_message( *transactional* bool, *prefix* text, *content* text) | pg_lsn | Выдаёт текстовое сообщение логического декодирования. Её можно использовать для передачи произвольных сообщений через WAL модулям логического декодирования. Параметр *transactional* устанавливает, должно ли сообщение быть частью 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 модули логического декодирования могут легко распознать интересующие их сообщения. В параметре *content* передаётся текст сообщения. |
| pg_logical_emit_message( *transactional* bool, *prefix* text, *content* bytea) | pg_lsn | Выдаёт двоичное сообщение логического декодирования. Её можно использовать для передачи произвольных сообщений через WAL модулям логического декодирования. Параметр *transactional* устанавливает, должно ли сообщение быть частью 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 модули логического декодирования могут легко распознать интересующие их сообщения. В параметре *content* передаётся двоичное содержание сообщения. |

## 9.26.7. Функции управления объектами баз данных

Функции, перечисленные в Таблице 9.84, вычисляют объём, который занимают на диске различные объекты баз данных.

**Таблица 9.84. Функции получения размера объектов БД**

| Имя | Тип результата | Описание |
|---|---|---|
| pg_column_size( any) | int | Число байт, необходимых для хранения заданного значения ( возможно, в сжатом виде) |
| pg_database_size( oid) | bigint | Объём, который занимает на диске база данных с заданным OID |
| pg_database_size( name) | bigint | Объём, который занимает на диске база данных с заданным именем |
| pg_indexes_size( regclass) | bigint | Общий объём индексов, связанных с указанной таблицей |
| pg_relation_size( *relation* regclass, *fork* text) | bigint | Объём, который занимает на диске указанный слой ('main', 'fsm', 'vm' или 'init') заданной таблицы или индекса |
| pg_relation_size( *relation* regclass) | bigint | Краткая форма pg_relation_size(..., 'main') |
| pg_size_bytes( text) | bigint | Преобразует размер в понятном человеку формате с единицами измерения в число байт |
| pg_size_pretty( bigint) | text | Преобразует размер в байтах, представленный в 64-битном целом, в понятный человеку формат с единицами измерения |
| pg_size_pretty( numeric) | text | Преобразует размер в байтах, представленный в значении числового типа, в понятный человеку формат с единицами измерения |
| pg_table_size( regclass) | bigint | Объём, который занимает на диске данная таблица, за исключением индексов (но включая TOAST, карту свободного места и карту видимости) |
| pg_tablespace_size( oid) | bigint | Объём, который занимает на диске табличное пространство с указанным OID |
| pg_tablespace_size( name) | bigint | Объём, который занимает на диске табличное пространство с заданным именем |
| pg_total_relation_size( regclass) | bigint | Общий объём, который занимает на диске заданная таблица, включая все индексы и данные TOAST |

pg_column_size показывает, какой объём требуется для хранения данного значения.

pg_total_relation_size принимает OID или имя таблицы или данных TOAST и возвращает общий объём, который занимает на диске эта таблица, включая все связанные с ней индексы. Результат этой функции равняется pg_table_size + pg_indexes_size.

`pg_table_size` принимает OID или имя таблицы и возвращает объём, который занимает на диске эта таблица без индексов. (При этом учитывается размер TOAST, карты свободного места и карты видимости.)

`pg_indexes_size` принимает OID или имя таблицы и возвращает общий объём, который занимают все индексы таблицы.

`pg_database_size` и `pg_tablespace_size` принимают OID или имя базы данных либо табличного пространства и возвращают общий объём, который они занимают на диске. Для использования `pg_database_size` требуется иметь право `CONNECT` для указанной базы данных (оно предоставляется по умолчанию) или быть членом роли `pg_read_all_stats`. Для использования `pg_tablespace_size` необходимо 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_relation_size` принимает OID или имя таблицы, индекса или TOAST-таблицы и возвращает размер одного слоя этого отношения (в байтах). (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 возвращает размер основного слоя для данных заданного отношения. Название другого интересующего слоя можно передать во втором аргументе:

- `'main'` возвращает размер основного слоя данных заданного отношения.
- `'fsm'` возвращает размер карты свободного места (см. Раздел 66.3), связанной с заданным отношением.
- `'vm'` возвращает размер карты видимости (см. Раздел 66.4), связанной с заданным отношением.
- `'init'` возвращает размер слоя инициализации для заданного отношения, если он имеется.

`pg_size_pretty` можно использовать для форматирования результатов других функций в виде, более понятном человеку, с единицами измерения bytes, kB, MB, GB и TB.

`pg_size_bytes` можно использовать для получения размера в байтах из строки в формате, понятном человеку. Входная строка может содержать единицы bytes, kB, MB, GB и TB, и разбирается без учёта регистра. Если единицы не указываются, подразумеваются байты.

> **Примечание**
>
> Единицы kB, MB, GB и TB, фигурирующие в функциях `pg_size_pretty` и `pg_size_bytes`, определяются как степени 2, а не 10, так что 1kB равен 1024 байтам, 1MB равен $1024^2$ = 1048576 байт и т. д.

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.

Если переданному значению OID не соответствуют существующий объект, эти функции возвращают NULL.

Функции, перечисленные в Таблице 9.85, помогают определить, в каких файлах на диске хранятся объекты базы данных.

**Таблица 9.85. Функции определения расположения объектов**

| Имя | Тип результата | Описание |
|---|---|---|
| pg_relation_filenode( *relation* regclass) | oid | Номер файлового узла для указанного отношения |
| pg_relation_filepath( *relation* regclass) | text | Путь к файлу, в котором хранится указанное отношение |
| pg_filenode_relation( *tablespace* oid, *filenode* oid) | regclass | Находит отношение, связанное с данным табличным пространством и файловым узлом |

pg_relation_filenode принимает OID или имя таблицы, индекса, последовательности или таблицы TOAST и возвращает номер «файлового узла», связанным с этим объектом. Файловым узлом называется основной компонент имени файла, используемого для хранения данных (подробнее это описано в Разделе 66.1). Для большинства таблиц 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 подобна pg_relation_filenode, но возвращает полный путь к файлу (относительно каталога данных PGDATA) отношения.

Функция pg_filenode_relation является обратной к pg_relation_filenode. Она возвращает OID отношения по заданному OID «табличного пространства» и «файловому узлу». Для таблицы в табличном пространстве по умолчанию в первом параметре можно передать 0.

В Таблица 9.86 перечислены функции, предназначенные для управления правилами сортировки.

**Таблица 9.86. Функции управления правилами сортировки**

| Имя | Тип результата | Описание |
|---|---|---|
| pg_collation_actual_version( oid) | text | выдаёт действующую версию правила сортировки из операционной системы |
| pg_import_system_collations( *schema* regnamespace) | integer | импортирует правила сортировки из операционной системы |

Функция pg_collation_actual_version 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.

Функция pg_import_system_collations 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.

## 9.26.8. Функции обслуживания индексов

В Таблице 9.87 перечислены функции, предназначенные для обслуживания индексов. Эти функции нельзя вызывать в процессе восстановления. Использовать эти функции разрешено только суперпользователям и владельцу определённого индекса.

**Таблица 9.87. Функции обслуживания индексов**

| Имя | Тип результата | Описание |
|---|---|---|
| `brin_summarize_new_values(` *index* `regclass)` | `integer` | обобщает ещё не обобщённые зоны страниц |
| `brin_summarize_range(` *index* `regclass,` *blockNumber* `bigint)` | `integer` | обобщает зону страниц, охватывающую данный блок (если она ещё не обобщена) |
| `brin_desummarize_range(` *index* `regclass,` *blockNumber* `bigint)` | `integer` | сброс обобщения зоны страниц, охватывающей данный блок (если она была обобщена) |
| `gin_clean_pending_list(` *index* `regclass)` | `bigint` | перемещает элементы из списка записей GIN, ожидающих обработки, в основную структуру индекса |

Функция `brin_summarize_new_values` принимает OID или имя индекса BRIN и просматривает индекс в поисках зон страниц в базовой таблице, ещё не обобщённых в индексе; для каждой такой зоны в результате сканирования страниц таблицы создаётся новый обобщающий кортеж в индексе. Возвращает эта функция число вставленных в индекс обобщающих записей о зонах страниц. Функция `brin_summarize_range` делает то же самое, но затрагивает только зону, охватывающую блок с заданным номером.

Функция `gin_clean_pending_list` принимает OID или имя индекса GIN и очищает очередь указанного индекса, массово перемещая элементы из неё в основную структуру данных GIN. Возвращает она число страниц, убранных из очереди. Заметьте, что если для обработки ей передаётся индекс GIN, построенный с отключённым параметром `fastupdate`, очистка не производится и возвращается значение 0, так как у такого индекса нет очереди записей. Подробнее об очереди записей и параметре `fastupdate` рассказывается в Подразделе 64.4.1 и Разделе 64.5.

## 9.26.9. Функции для работы с обычными файлами

Функции, перечисленные в Таблице 9.88, предоставляют прямой доступ к файлам, находящимся на сервере. Они позволяют обращаться только к файлам в каталоге кластера баз данных (по относительному пути) или в каталоге `log_directory` (по пути, заданному в параметре конфигурации `log_directory`). Использовать эти функции могут только суперпользователи, если явно не отмечено иное.

**Таблица 9.88. Функции для работы с обычными файлами**

| Имя | Тип результата | Описание |
|---|---|---|
| `pg_ls_dir(` *dirname* `text [,` *missing_ok* `boolean,` *include_dot_dirs* `boolean])` | `setof text` | Возвращает список содержимого каталога. |
| `pg_ls_logdir()` | `setof record` | Выводит имя, размер и время последнего изменения файлов в каталоге журнала сообщений. Доступ к этой функции имеют члены роли `pg_monitor` , также его можно разрешить и другим ролям обычных пользователей. |

| Имя | Тип результата | Описание |
|---|---|---|
| pg_ls_waldir() | setof record | Выводит имя, размер и время последнего изменения файлов в каталоге WAL. Доступ к этой функции имеют члены роли pg_monitor , также его можно разрешить и другим ролям обычных пользователей. |
| pg_read_file( *filename* text [, *offset* bigint, *length* bigint [, *missing_ok* boolean] ]) | text | Возвращает содержимое текстового файла. |
| pg_read_binary_file( *filename* text [, *offset* bigint, *length* bigint [, *missing_ok* boolean] ]) | bytea | Возвращает содержимое файла. |
| pg_stat_file( *filename* text[, *missing_ok* boolean]) | record | Возвращает информацию о файле. |

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 (за исключением pg_ls_dir, которая возвращает пустое множество). Если он равен false, возникает ошибка. Значение по умолчанию — false.

pg_ls_dir возвращает 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 (false), но их можно включить, чтобы с параметром *missing_ok* равным true, пустой каталог можно было отличить от несуществующего.

pg_ls_logdir возвращает имя, размер и время последнего изменения (mtime) всех файлов в каталоге журналов сообщений. По умолчанию использовать её разрешено только суперпользователям и членам роли pg_monitor. Другим пользователям доступ к ней можно дать, используя GRANT.

pg_ls_waldir возвращает имя, размер и время последнего изменения (mtime) всех файлов в каталоге журнала предзаписи (WAL). По умолчанию использовать её разрешено только суперпользователям и членам роли pg_monitor. Другим пользователям доступ к ней можно дать, используя GRANT.

pg_read_file возвращает фрагмент текстового файла 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 серверной кодировке; если они оказываются недопустимыми для этой кодировки, возникает ошибка.

pg_read_binary_file подобна pg_read_file, но её результат имеет тип bytea; как следствие, никакие проверки кодировки не выполняются. В сочетании с convert_from эту функцию можно применять для чтения файлов в произвольной кодировке:

```
SELECT convert_from(pg_read_binary_file('file_in_utf8.txt'), 'UTF8');
```

`pg_stat_file` возвращает 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 признак типа `boolean`, показывающий, что это каталог. Примеры использования:

```
SELECT * FROM pg_stat_file('filename');
SELECT (pg_stat_file('filename')).modification;
```

## 9.26.10. Функции управления рекомендательными блокировками

Функции, перечисленные в Таблице 9.89, предназначены для управления рекомендательными блокировками. Подробнее об их использовании можно узнать в Подразделе 13.3.5.

**Таблица 9.89. Функции управления рекомендательными блокировками**

| Имя | Тип результата | Описание |
|---|---|---|
| `pg_advisory_lock( key bigint)` | `void` | Получает исключительную блокировку на уровне сеанса |
| `pg_advisory_lock( key1 int, key2 int)` | `void` | Получает исключительную блокировку на уровне сеанса |
| `pg_advisory_lock_shared( key bigint)` | `void` | Получает разделяемую блокировку на уровне сеанса |
| `pg_advisory_lock_shared( key1 int, key2 int)` | `void` | Получает разделяемую блокировку на уровне сеанса |
| `pg_advisory_unlock( key bigint)` | `boolean` | Освобождает исключительную блокировку на уровне сеанса |
| `pg_advisory_unlock( key1 int, key2 int)` | `boolean` | Освобождает исключительную блокировку на уровне сеанса |
| `pg_advisory_unlock_all()` | `void` | Освобождает все блокировки на уровне сеанса, удерживаемые в данном сеансе |
| `pg_advisory_unlock_ shared( key bigint)` | `boolean` | Освобождает разделяемую блокировку на уровне сеанса |
| `pg_advisory_unlock_ shared( key1 int, key2 int)` | `boolean` | Освобождает разделяемую блокировку на уровне сеанса |
| `pg_advisory_xact_lock( key bigint)` | `void` | Получает исключительную блокировку на уровне транзакции |
| `pg_advisory_xact_lock( key1 int, key2 int)` | `void` | Получает исключительную блокировку на уровне транзакции |
| `pg_advisory_xact_lock_ shared( key bigint)` | `void` | Получает разделяемую блокировку на уровне транзакции |
| `pg_advisory_xact_lock_ shared( key1 int, key2 int)` | `void` | Получает разделяемую блокировку на уровне транзакции |
| `pg_try_advisory_lock( key bigint)` | `boolean` | Получает исключительную блокировку на уровне сеанса, если это возможно |
| `pg_try_advisory_lock( key1 int, key2 int)` | `boolean` | Получает исключительную блокировку на уровне сеанса, если это возможно |
| `pg_try_advisory_lock_ shared( key bigint)` | `boolean` | Получает разделяемую блокировку на уровне сеанса, если это возможно |

| Имя | Тип результата | Описание |
|---|---|---|
| pg_try_advisory_lock_shared( *key1* int, *key2* int) | boolean | Получает разделяемую блокировку на уровне сеанса, если это возможно |
| pg_try_advisory_xact_lock( *key* bigint) | boolean | Получает исключительную блокировку на уровне транзакции, если это возможно |
| pg_try_advisory_xact_lock( *key1* int, *key2* int) | boolean | Получает исключительную блокировку на уровне транзакции, если это возможно |
| pg_try_advisory_xact_lock_shared( *key* bigint) | boolean | Получает разделяемую блокировку на уровне транзакции, если это возможно |
| pg_try_advisory_xact_lock_shared( *key1* int, *key2* int) | boolean | Получает разделяемую блокировку на уровне транзакции, если это возможно |

pg_advisory_lock блокирует определённый приложением ресурс, задаваемый одним 64-битным или двумя 32-битными ключами (заметьте, что их значения не пересекаются). Если идентификатор этого ресурса удерживает другой сеанс, эта функция не завершится, пока ресурс не станет доступным. Данная функция устанавливает блокировку в исключительном режиме. Если поступает сразу несколько запросов на блокировку, они накапливаются, так что если один ресурс был заблокирован три раза, его необходимо три раза разблокировать, чтобы он был доступен в других сеансах.

pg_advisory_lock_shared работает подобно pg_advisory_lock, но позволяет разделять блокировку с другими сеансами, запрашивающими её как разделяемую. Выполнение может быть приостановлено, только если другой сеанс запросил её в исключительном режиме.

pg_try_advisory_lock работает подобно pg_advisory_lock, но не ждёт освобождения ресурса. Эта функция либо немедленно получает блокировку и возвращает true, либо сразу возвращает false, если получить её не удаётся.

pg_try_advisory_lock_shared работает как pg_try_advisory_lock, но пытается получить разделяемую, а не исключительную блокировку.

pg_advisory_unlock освобождает ранее полученную исключительную блокировку на уровне сеанса. Если блокировка освобождена успешна, эта функция возвращает true, а если она не была занята — false, при этом сервер выдаёт предупреждение SQL.

pg_advisory_unlock_shared работает подобно pg_advisory_unlock, но освобождает разделяемую блокировку на уровне сеанса.

pg_advisory_unlock_all освобождает все блокировки на уровне сеанса, закреплённые за текущим сеансом. (Эта функция неявно вызывается в конце любого сеанса, даже при нештатном отключении клиента.)

pg_advisory_xact_lock работает подобно pg_advisory_lock, но её блокировка автоматически освобождается в конце текущей транзакции и не может быть освобождена явным образом.

pg_advisory_xact_lock_shared подобна функции pg_advisory_lock_shared, но её блокировка автоматически освобождается в конце текущей транзакции и не может быть освобождена явным образом.

pg_try_advisory_xact_lock работает подобно pg_try_advisory_lock, но её блокировка (если она была получена) автоматически освобождается в конце текущей транзакции и не может быть освобождена явным образом.

pg_try_advisory_xact_lock_shared работает подобно pg_try_advisory_lock_shared, но её блокировка (если она была получена) автоматически освобождается в конце текущей транзакции и не может быть освобождена явным образом.

# 9.27. Триггерные функции

В настоящее время в PostgreSQL есть единственная встроенная триггерная функция, suppress_redundant_updates_trigger, которая предотвращает изменения, фактически не влияющие на данные в строке, тогда как обычно изменения выполняются вне зависимости от того, были ли изменены данные. (Обычное поведение не предполагает сравнения данных, поэтому 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 не большое, но значительное время для каждой записи, так что если большинство записей всё-таки фактически изменяются, этот триггер скорее замедлит операцию изменения.

Функцию suppress_redundant_updates_trigger можно привязать к таблице так:

```
CREATE TRIGGER z_min_update
BEFORE UPDATE ON tablename
FOR EACH ROW EXECUTE PROCEDURE suppress_redundant_updates_trigger();
```

В большинстве случаев этот триггер должен вызываться для каждой строки последним. А так как 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.

Подробнее о создании триггеров можно узнать в описании CREATE TRIGGER.

# 9.28. Функции событийных триггеров

PostgreSQL предоставляет следующие вспомогательные функции для получения информации в событийных триггерах.

Подробнее о событийных триггерах можно узнать в Главе 39.

## 9.28.1. Получение изменений в конце команды

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 |

| Имя | Тип | Описание |
|---|---|---|
| objid | oid | OID самого объекта |
| objsubid | integer | Идентификатор подобъекта (например, номер для столбца) |
| 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 | bool | 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. |

## 9.28.2. Обработка объектов, удалённых командой DDL

Функция pg_event_trigger_dropped_objects возвращает список всех объектов, удалённых командой, вызвавшей событие sql_drop. При вызове в другом контексте pg_event_trigger_dropped_objects выдаёт ошибку. pg_event_trigger_dropped_objects возвращает 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 | bool | True, если это один из корневых удаляемых объектов |
| normal | bool | True, если к этому объекту в графе зависимостей привело отношение обычной зависимости |
| is_temporary | bool | 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 PROCEDURE test_event_trigger_for_drops();
```

## 9.28.3. Обработка события перезаписи таблицы

В Таблице 9.90 показаны функции, выдающие информацию о таблице, для которой произошло событие перезаписи таблицы (table_rewrite). При попытке вызвать их в другом контексте возникнет ошибка.

**Таблица 9.90. Информация о перезаписи таблицы**

| Имя | Тип результата | Описание |
|---|---|---|
| pg_event_trigger_table_rewrite_oid() | Oid | OID таблицы, которая будет перезаписана. |
| pg_event_trigger_table_rewrite_reason() | int | Код причины, показывающий, чем вызвана перезапись. Точ- |

| Имя | Тип результата | Описание |
|---|---|---|
| | | ное значение кодов зависит от выпуска (версии). |

Функцию `pg_event_trigger_table_rewrite_oid` 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 PROCEDURE test_event_trigger_table_rewrite_oid();
```

# 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. То же справедливо в отношении конструкций `ARRAY` и 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 5.8.3). 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 кандидаты, 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 все кандидаты и оставить только те, для которых точно совпадают как можно больше типов аргументов. Оставить все кандидаты, если точных совпадений нет. Если остаётся только один кандидат, использовать его, в противном случае перейти к следующему шагу.

d. Просмотреть все кандидаты и оставить только те, которые принимают предпочитаемые типы (из категории типов входных значений) в наибольшем числе позиций, где требуется преобразование типов. Оставить все кандидаты, 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 кандидаты, которые не принимают типы выбранной категории. Далее, если какой-либо кандидат принимает предпочитаемый тип из этой категории, отбросить кандидаты, принимающие другие, не предпочитаемые типы для данного аргумента. Оставить все кандидаты, 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 оператора факториала**

В стандартном каталоге определён только один оператор факториала (постфиксный `!`) и он принимает аргумент типа `bigint`. При просмотре следующего выражения его аргументу изначально назначается тип `integer`:

```
SELECT 40 ! AS "40 factorial";

                  40 factorial
-----------------------------------------------
 815915283247897734345611269596115894272000000000
(1 row)
```

Анализатор выполняет преобразование типа для этого операнда и запрос становится равносильным:

```
SELECT CAST(40 AS bigint) ! AS "40 factorial";
```

**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 кандидаты, принимающие 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 8.20) 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 5.8.3). 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

[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.

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 последующих 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 кандидаты, 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 все кандидаты и оставить только те, для которых точно совпадают как можно больше типов аргументов. Оставить все кандидаты, если точных совпадений нет. Если остаётся только один кандидат, использовать его, в противном случае перейти к следующему шагу.
   d. Просмотреть все кандидаты и оставить только те, которые принимают предпочитаемые типы (из категории типов входных значений) в наибольшем числе позиций, где требуется преобразование типов. Оставить все кандидаты, 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 кандидаты, которые не принимают типы выбранной категории. Далее, если какой-либо кандидат принимает предпочитаемый тип из этой категории, отбросить кандидаты, принимающие другие, не предпочитаемые типы для данного аргумента. Оставить все кандидаты, если эти проверки не прошёл ни один. Если

[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.

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.

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 отдельному столбцу запроса. Подобным образом различные типы сопоставляются при выполнении `INTERSECT` и `EXCEPT` сопоставляют различные типы подобно `UNION`. По такому же алгоритму сопоставляют типы выражений и определяют тип своего результата конструкции `CASE`, `ARRAY`, `VALUES`, `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.
5. Выбрать первый известный предпочитаемый тип из этой категории, если такой есть.
6. В противном случае выбрать последний известный тип, в который можно неявно преобразовать все данные предшествующих известных типов. (Такой тип есть всегда, в крайнем случае этому условию удовлетворяет первый тип.)
7. Привести все данные к выбранном типу. Констатировать неудачу, если для каких-либо данных преобразование в этот 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
```

[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 предпочтение будет отдано базовому типу домена.

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. 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 присвоение 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.

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. 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 и BRIN. Для разных типов индексов применяются разные алгоритмы, ориентированные на определённые типы запросов. 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 11.9. 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 62.1. В коллекции `contrib` можно найти и другие классы операторов GiST, реализованные как отдельные проекты. За дополнительными сведениями обратитесь к Главе 62.

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 62.1, в столбце «Операторы сортировки».

Индексы SP-GiST, как и GiST, предоставляют инфраструктуру, поддерживающие 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 63.1. За дополнительными сведениями обратитесь к Главе 63.

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 9.18.) Классы операторов GIN, включённые в стандартный дистрибутив, описаны в Таблице 64.1. В коллекции `contrib` и в отдельных проектах можно найти и много других классов операторов GIN. За дополнительными сведениями обратитесь к Главе 64.

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 максималь-

ные 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 65.1. За дополнительными сведениями обратитесь к Главе 65.

# 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 11.11.

## 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. 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 добавлении каждой строки и при каждом последующем изменении. 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';
```

А следующий запрос не будет использовать этот индекс:

```
SELECT *
FROM access_log
WHERE 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.

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.

Узнать о частичных индексах больше можно в следующих источниках: ston89b, olson93 и seshadri95.

# 11.9. Семейства и классы операторов

В определении индекса можно указать *класс операторов* для каждого столбца индекса.

```
CREATE INDEX имя ON таблица (столбец класс_операторов [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 семью операторов, к которой 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;
```

# 11.10. 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");
```

# 11.11. Сканирование только индекса

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. И даже в благоприятном случае обращение к кучи не исключается совсем, а 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 небольшая часть строк, встречаются достаточно часто, чтобы этот тип сканирования был весьма полезен на практике.

Чтобы эффективно применять возможность сканирования только индекса, можно создать индексы, в которых только первые столбцы будут соответствовать предложениям `WHERE`, а остальные столбцы будут содержать полезные данные, возвращаемые запросом. Например, если часто выполняется запрос вида:

```
SELECT y FROM tab WHERE x = 'key';
```

при традиционном подходе к ускорению таких запросов можно было бы создать индекс только по `x`. Однако индекс по `(x, y)` дал бы возможность выполнения этого запроса со сканированием только индекса. Как говорилось ранее, такой индекс был бы объёмнее и дороже в обслуживании, чем индекс только по `x`, так что этот вариант предпочтителен, только для таблиц в основном статических. Заметьте, что в объявлении индекса важно указать столбцы `(x, y)`, а не `(y, x)`, так как для большинства типов индексов (а именно, B-деревьев) поиск, при котором не ограничиваются значения ведущих столбцов индекса, не будет эффективным.

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 по индексу заслуживает того, эту проблему можно обойти, объявив индекс по `(f(x), x)`, где второй столбец может не использоваться на практике, но нужен для того, чтобы убедить планировщик, что сканирование только по индексу возможно. Если это делается ради предотвращения многократных вычислений `f(x)`, следует также учесть, что планировщик не обязательно свяжет с использованием индекса упоминания `f(x)`, фигурирующие вне индексируемых предложений `WHERE`, со столбцом индекса. Обычно он это делает 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.

# 11.12. 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 28.2.

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 реаль-

ные 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 система 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 лингвистического функционала, 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 mid = did AND 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`. 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;
UPDATE pgweb SET textsearchable_index_col =
     to_tsvector('english', coalesce(title,'') || ' ' || coalesce(body,''));
```

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;
```

Когда представление tsvector хранится в отдельном столбце, необходимо создать триггер, который будет поддерживать столбец с tsvector в актуальном состоянии при любых изменениях title или body. Как это сделать, рассказывается в Подразделе 12.4.3.

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 и phraseto_tsquery для приведения запроса к типу данных tsquery. Функция to_tsquery даёт больше возможностей, чем plainto_tsquery и phraseto_tsquery, но более строга к входному запросу.

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 как символы-разделители.

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'
```

## 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,` *`запрос`* `tsquery [,` *`нормализация`* `integer]) returns float4`

Ранжирует векторы по частоте найденных лексем.

`ts_rank_cd([`*`веса`* `float4[],]` *`вектор`* `tsvector,` *`запрос`* `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, запрос 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:

- `StartSel`, `StopSel`: строки, которые будут разграничивать слова запроса в документе, выделяя их среди остальных. Если эти строки содержат пробелы или запятые, их нужно заключить в кавычки.
- `MaxWords`, `MinWords`: эти числа определяет нижний и верхний предел размера выдержки.
- `ShortWord`: слова такой длины или короче в начале и конце выдержки будут отбрасываться. Значение по умолчанию, равное 3, исключает распространённые английские артикли.
- `HighlightAll`: логический флаг; если он равен `true`, выдержкой будет весь документ и три предыдущие параметра игнорируются.
- `MaxFragments`: максимальное число выводимых текстовых выдержек или фрагментов. Значение по умолчанию, равное 0, выбирает метод создания выдержки без фрагментов. При значении большем 0 выбирается метод с фрагментами, когда находятся все фрагменты, содержащие как можно больше слов запроса, а затем они сжимаются до слов запроса. Такие фрагменты могут содержать какие-то ключевые слова в середине и ограничиваются двумя искомыми словами. При этом фрагменты могут содержать не больше `MaxWords` слов, а в начале и конце они будут очищены от слов длины `ShortWord` и меньше. Если в документе найдены не все слова запроса, выводится один фрагмент, включающий первые `MinWords` слов в документе.
- `FragmentDelimiter`: Когда выводятся несколько фрагментов, они будут разделяться этой строкой.

Все явно не определённые параметры получают такие значения по умолчанию:

```
StartSel=<b>, StopSel=</b>,
MaxWords=35, MinWords=15, ShortWord=3, HighlightAll=FALSE,
MaxFragments=0, FragmentDelimiter=" ... "
```

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('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',
  '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('query & similarity'),
  'StartSel = <, StopSel = >');
                       ts_headline
-------------------------------------------------------
 containing given <query> terms
 and return them in order of their <similarity> to the
 <query>.
```

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 9.41.

### 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' | 'fat' <-> '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 (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(`*`запрос`* `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(`*`запрос`* `tsquery) returns text`

Возвращает часть `tsquery`, которую можно использовать для поиска по индексу. Эта функция помогает выявить неиндексируемые запросы, например, такие, которые содержат только стоп-слова или условия отрицания. Например:

```
SELECT querytree(to_tsquery('!defined'));
 querytree
-----------
```

### 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 (`*`запрос`* `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 (`*`запрос`* `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

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 PROCEDURE
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 PROCEDURE 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.

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 пара-

метрами. 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, | my_synonym| {paris}
          |                |      | english_stem}|           |
```

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). Напри-

мер, 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 сло-

ва — "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,        |The        |{english_ispell|english_  |{}
         | all ASCII   |           |,english_stem} |ispell    |
blank    |Space symbols|           |{}             |          |
         |             |           |               |          |
asciiword|Word,        |Brightest  |{english_ispell|english_  |{bright}
         |all ASCII    |           |,english_stem} |ispell    |
blank    |Space symbols|           | {}            |          |
         |             |           |               |          |
asciiword|Word,        |supernovaes|{english_ispell|english_  |{supernova}
         |all ASCII    |           |,english_stem} |stem      |
```

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 его целочисленный код_фрагмента, псевдоним , с которым этот тип фигурирует в командах, и краткое description. 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 GIN и GiST

Для ускорения полнотекстового поиска можно использовать индексы двух видов. Заметьте, что эти индексы не требуются для поиска, но если по какому-то столбцу поиск выполняется регулярно, обычно желательно её индексировать.

`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*`);`

Создаёт индекс на базе GiST (Generalized Search Tree, Обобщённое дерево поиска). Здесь *столбец* может иметь тип `tsvector` или `tsquery`.

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. Эта сигнатура создаётся 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.

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 до-

кументы по разным серверам и затем собирая результаты с помощью модуля dblink. 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 | 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 | hungarian_stem  | snowball stemmer for hungarian language
pg_catalog | italian_stem    | snowball stemmer for italian 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 ...
pg_catalog | spanish_stem    | snowball stemmer for spanish language
pg_catalog | swedish_stem    | snowball stemmer for swedish 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 несколько 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 uncommited (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 фантомное чтение. Стандарт SQL допускает возможность более строгого поведения: четыре уровня изоляции определяют только, какие особые условия не должны наблюдаться, но не какие *обязательно должны*. 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 9.16 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 параллельны-

ми 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 неко-

торым 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.

> **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 *от-*

*кладываемой* 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.

# 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 исключительную блокировку 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 28.

## 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 режи-

мы 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

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

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

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

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, ALTER TABLE VALIDATE и другими видами ALTER TABLE (за подробностями обратитесь к ALTER TABLE).

SHARE

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

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 COLLATION, CREATE TRIGGER и многими формами ALTER TABLE (см. ALTER TABLE).

EXCLUSIVE

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`

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 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** | **Текущий режим блокировки** | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **ACCESS SHARE** | **ROW SHARE** | **ROW EXCLUSIVE** | **SHARE UPDATE EXCLUSIVE** | **SHARE** | **SHARE ROW EXCLUSIVE** | **EXCLUSIVE** | **ACCESS EXCLUSIVE** |
| ACCESS SHARE | | | | | | | | X |
| ROW SHARE | | | | | | | X | X |
| ROW EXCLUSIVE | | | | | X | X | X | X |
| SHARE UPDATE EXCLUSIVE | | | | X | X | X | X | X |
| SHARE | | | X | X | | X | X | X |
| SHARE ROW EXCLUSIVE | | | X | X | X | X | X | X |
| EXCLUSIVE | | X | X | X | X | X | X | X |
| ACCESS EXCLUSIVE | X | X | X | X | X | X | X | X |

## 13.3.2. Блокировки на уровне строк

В дополнение к блокировкам 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.

**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 |

| Запрашиваемый режим блокировки | Текущий режим блокировки | | | |
|---|---|---|---|---|
| | FOR KEY SHARE | FOR SHARE | FOR NO KEY UPDATE | FOR UPDATE |
| 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 нагружают таблицы и автоматически ликвидируется 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 рекомендуемой 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 рекомендуемых 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 9.26.10.

# 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.

## 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 потре-

буется 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..5.01 rows=101 width=0)
         Index Cond: (unique1 < 100)
```

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=5.01..229.40 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.

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 учиты-

вается, 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.

# 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 (что неудивительно), но объём индексов гораздо меньше таблицы.

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 увеличить точность оценок планировщика, особенно для столбцов с нерегулярным распределением данных, ценой большего объёма `pg_statistic` и, возможно, увеличения времени расчёта этой статистики. И напротив, для столбцов с простым распределением данных может быть достаточно меньшего предела.

Подробнее использование статистики планировщиком описывается в Главе 68.

## 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`.

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 zip, city FROM zipcodes;

ANALYZE zipcodes;

SELECT stxname, stxkeys, stxdependencies
  FROM pg_statistic_ext
  WHERE stxname = 'stts';
 stxname | stxkeys |             stxdependencies
---------+---------+-----------------------------------------
 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. 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 zip, state, city FROM zipcodes;

ANALYZE zipcodes;

SELECT stxkeys AS k, stxndistinct AS nd
  FROM pg_statistic_ext
  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.

## 14.3. 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 для несекционированных таблиц, 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, которые могут вовсе не использовать WAL, если `wal_level` равен `minimal`. (Они могут гарантировать безопасность при сбое, не записывая все изменения в WAL, а выполнив только `fsync` в конце операции, что будет гораздо дешевле.) Это относится к следующим командам:

- `CREATE TABLE AS SELECT`
- `CREATE INDEX` (и подобные команды, как например `ALTER TABLE ADD PRIMARY KEY`)
- `ALTER TABLE SET TABLESPACE`
- `CLUSTER`
- `COPY FROM`, когда целевая таблица была создана или опустошена ранее в той же транзакции

### 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.

## 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).

[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.

# 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 двое 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, выдан-

ные 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`.
- dynamic_shared_memory_type должен иметь значение, отличное от `none`. Для параллельного выполнения запросов нужна динамическая общая память, через которую будут передаваться данные между взаимодействующими процессами.

В дополнение к этому, система должна работать не в однопользовательском режиме. Так как в этом режиме вся СУБД работает в одном процессе, 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. Это ограничение текущей реализации, которое может быть смягчено в будущих версиях.
- 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.

- Для транзакции установлен сериализуемый уровень изоляции. Это ограничение текущей реализации.

Даже когда для определённого запроса построен параллельный план, возможны различные обстоятельства, при которых этот план нельзя будет выполнить в параллельном режиме. В этих случаях ведущий процесс выполнит часть плана ниже узла `Gather` полностью 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 протокола расширенных 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.
- Подготовленный оператор выполняется в конструкции `CREATE TABLE .. AS EXECUTE ...`. Эта конструкция меняет характер операции с «только чтение» на «чтение+запись», что исключает параллельное выполнение этой операции.
- Для транзакции установлен сериализуемый уровень изоляции. Обычно эта ситуация не возникает, так как при таком уровне изоляции не строятся параллельные планы выполнения. Однако она возможна, если уровень изоляции транзакции меняется на сериализуемый после построения плана и до его выполнения.

# 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; другой процесс может 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, соединений по хешу или соединений 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. Например, если выбрано соединение с вложенным циклом, во внутреннем плане может быть сканирование индекса, при котором находится значение, взятое из внешней стороны соединения.

Каждый рабочий процесс будет выполнять внутреннюю сторону соединения в полном объёме. Обычно это не проблема для вложенных циклов, но это может быть неэффективно с соединением по хешу или соединением слиянием. Например, для соединения по хешу это ограничение означает, что в каждом рабочем процессе будет строиться одна и та же хеш-таблица, что приемлемо для маленьких таблиц, но может быть неэффективно, когда внутренняя таблица велика. Для соединения слиянием это может означать, что каждый рабочий процесс независимо выполняет сортировку внутреннего отношения, потенциально медленную операцию. Конечно, в тех случаях, когда параллельный план такого вида может быть неэффективным, планировщик запросов обычно выбирает другой план (возможно, уже без распараллеливания).

## 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. 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.
- Доступ к `InitPlan` или связанному `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 PostgreSQL из исходного кода

В этом документе 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 этот документ эту главу.)

## 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/postgres -D /usr/local/pgsql/data >logfile 2>&1 &
/usr/local/pgsql/bin/createdb test
/usr/local/pgsql/bin/psql test
```

Развёрнутый вариант представлен в продолжении этого документа. 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, перечислены далее в Разделе 16.8. В подкаталоге `doc` дистрибутива PostgreSQL вы можете найти несколько документов FAQ по разным платформам, к которым следует обратиться в случае затруднений.

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 (как минимум, совместимый с C89). 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 distutils. Версия Python должна быть не меньше 2.4. Python 3 поддерживается, начиная с версии 3.1; но, используя Python 3, учтите написанное в документации PL/Python Разделе 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, версии не ниже 0.9.8.

- Вам могут понадобиться пакеты Kerberos, OpenLDAP и/или PAM, если вам нужна поддержка аутентификации, которую они обеспечивают.

- Для сборки документации PostgreSQL предъявляется отдельный набор требований; см. Раздел J.2. посвящённое этому приложение к основной документации.

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:

- GNU 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 комплектов тестов.

Если вам понадобится какой-либо пакет GNU, вы можете найти его на вашем локальном зеркале GNU (список зеркал: *http://www.gnu.org/order/ftp.html*) или на сайте *ftp://ftp.gnu.org/gnu/*.

Также проверьте, достаточно ли места на диске. Вам потребуется около 100 Мб для исходного кода в процессе компиляции и около 20 Мб для каталога инсталляции. Пустой кластер баз данных занимает около 35 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 150 Мб. Проверить наличие свободного места можно с помощью команды `df`.

# 16.3. Получение исходного кода

Исходные коды PostgreSQL 10.11 можно загрузить из соответствующего раздела нашего сайта: *https://www.postgresql.org/download/*. Вам следует выбрать файл `postgresql-10.11.tar.gz` или `postgresql-10.11.tar.bz2`. Получив этот файл, распакуйте его:

```
gunzip postgresql-10.11.tar.gz
tar xf postgresql-10.11.tar
```

(Если вы выбрали файл `.bz2`, используйте `bunzip2` вместо `gunzip`.) При этом в текущем каталоге будет создан подкаталог `postgresql-10.11` 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:

   `--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.

   Если у вас есть особые требования, вы также можете изменить отдельные подкаталоги, определив следующие параметры. Однако, если вы оставите для них значения по умолча-

нию, инсталляция будет перемещаемой, то есть вы сможете переместить каталог после установки. (Это не распространяется на каталоги `man` и `doc`.)

Для перемещаемых инсталляций можно передать `configure` указание `--disable-rpath`. Кроме того, вы должны будете сказать операционной системе, как найти разделяемые библиотеки.

`--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`.

`--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.

`--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`.

`--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; см. выше.

`--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-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 этот файл.

`--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-krb-srvnam=`*`ИМЯ`*

Задаёт имя по умолчанию для субъекта-службы Kerberos, используемое GSSAPI (по умолчанию это `postgres`). Обычно менять его имеет смысл только в среде Windows, где оно должно быть задано в верхнем регистре (`POSTGRES`).

`--with-icu`

Включает поддержку библиотеки ICU. 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 непустое значение, чтобы избежать обращения к pkg-config, например, `ICU_CFLAGS=' '`.)

`--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-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-ldap`

Включает поддержку LDAPдля проверки подлинности и получения параметров соединения (за дополнительными сведениями обратитесь к описанию проверки подлинности клиентов с libpqРазделу 33.17 и Подразделу 20.3.7). 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-systemd`

Включает поддержку служебных уведомлений для systemd. Это улучшает интеграцию с системой, когда процесс сервера 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.

`--without-readline`

Запрещает использование библиотеки Readline (а также libedit). При этом отключается редактирование командной строки и история в psql, так что этот вариант не рекомендуется.

`--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.

`--with-bonjour`

Включает поддержку Bonjour. Для этого Bonjour должен поддерживаться самой операционной системой. Рекомендуется для macOS.

`--with-uuid=`*`БИБЛИОТЕКА`*

Собрать модуль uuid-ossp uuid-ossp (предоставляющий функции для генерирования UUID.*`БИБЛИОТЕКА`* может быть следующей:

- `bsd`, чтобы использовались функции получения UUID, имеющиеся во FreeBSD, NetBSD 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 libxml (включает поддержку SQL/XML). Для этого требуется libxml версии 2.6.23 или новее.

В составе libxml устанавливается программа `xml2-config`, с помощью которой можно получить требуемые параметры компилятора и компоновщика. PostgreSQL будет использовать её автоматически, если найдёт. Чтобы указать нестандартное размещение libxml, вы можете воспользоваться переменной окружения `XML2_CONFIG` и указать в ней путь к программе `xml2-config` нужной инсталляции, либо задать параметры `--with-includes` и `--with-libraries`.

`--with-libxslt`

Использовать libxslt при сборке модуля xml2 xml2. Библиотека xml2 задействует её для выполнения XSL-преобразований XML.

`--disable-float4-byval`

Запрещает передачу типа float4 «по значению», чтобы он передавался «по ссылке». Это снижает быстродействие, но может быть необходимо для совместимости со старыми пользовательскими функциями на языке C, которые используют соглашение о вызовах «версии 0». В качестве более долгосрочного решения лучше модернизировать такие функции, чтобы они использовали соглашение «версии 1».

`--disable-float8-byval`

Запрещает передачу типа float8 «по значению», чтобы он передавался «по ссылке». Это снижает быстродействие, но может быть необходимо для совместимости со старыми пользовательскими функциями на языке C, которые используют соглашение о вызовах «версии 0». В качестве более долгосрочного решения лучше модернизировать такие функции, чтобы они использовали соглашение «версии 1». Заметьте, что этот параметр влияет не только на float8, но и на int8, а также некоторые другие типы, например timestamp. На 32-битных платформах параметр `--disable-float8-byval` действует по умолчанию и задать `--enable-float8-byval` нельзя.

`--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 при изменении значения требуется выполнить initdb.

`--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 при изменении значения требуется выполнить initdb.

`--with-wal-segsize=`*РАЗМЕР_СЕГМЕНТА*

Задаёт *размер сегмента WAL* (в мегабайтах). Эта величина определяет размер каждого отдельного файла журнала WAL. Изменять этот размер бывает полезно для оптимизации фрагментации при трансляции журналов. Значение по умолчанию — 16 мегабайт. Значение должно задаваться степенью 2 от 1 до 1024 (в мегабайтах). Заметьте, что при изменении значения требуется выполнить initdb.

`--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 при изменении значения требуется выполнить initdb.

`--disable-spinlocks`

Позволяет провести сборку, если PostgreSQL не может воспользоваться циклическими блокировками CPU на данной платформе. Отсутствие таких блокировок приводит к 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-strong-random`

Разрешает производить сборку, даже если в PostgreSQL отсутствует поддержка генерирования криптографически стойких случайных ключей на данной платформе. Источник случайных чисел необходим для некоторых протоколов аутентификации, а также некоторых функций в модуле pgcrypto pgcrypto. Ключ `--disable-strong-random` отключает функциональность, требующую криптографически стойкие случайные числа, и задействует для получения соли и ключей отмены запросов слабый генератор псевдослучайных чисел. Это может сделать аутентификацию менее безопасной.

`--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.

`--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 изменени-

ях местных определений часовых поясов. Ещё один плюс заключается в упрощении кросс-компиляции, так как при инсталляции не требуется собирать базу данных часовых поясов.

`--without-zlib`

Запрещает использование библиотеки Zlib. При этом отключается поддержка сжатых архивов утилитами pg_dump и pg_restore. Этот параметр предназначен только для тех редких систем, в которых нет этой библиотеки.

`--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-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` для профилирования. Этот параметр предназначен только для GCC и только для тех, кто занимается разработкой.

`--enable-cassert`

Включает для сервера проверочные *утверждения*, проверяющие множество условий, которые «не должны происходить». Это бесценно в процессе разработке 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-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-dtrace`

Включает при компиляции PostgreSQL поддержку средства динамической трассировки DTrace. За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 28.5.

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 пути поиска.

Дополнительные параметры командной строки для `dtrace` можно задать в переменной окружения `DTRACEFLAGS`. В Solaris, чтобы включить поддержку DTrace для 64-битной сборки, необходимо передать configure 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' ...
```

`--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.

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`.

Вы можете задать переменные окружения в командной строке `configure`, например, так:

```
./configure CC=/opt/bin/gcc CFLAGS='-O2 -pipe'
```

Ниже приведён список значимых переменных, которые можно установить таким образом:

`BISON`

Программа Bison

`CC`

компилятор C

`CFLAGS`

параметры, передаваемые компилятору C

`CPP`

препроцессор C

`CPPFLAGS`

параметры, передаваемые препроцессору 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

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 документации PL/Python Разделу 45.1. Если это значение не определено, варианты команды перебираются в следующем порядке: python python3 python2.

TCLSH

Команда, вызывающая интерпретатор Tcl. Она помогает определить зависимости для сборки PL/Tcl и будет подставляться в скрипты Tcl.

XML2_CONFIG

Программа xml2-config помогает найти инсталляцию libxml.

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

Разрабатывая внутренний код сервера, рекомендуется использовать указания configure --enable-cassert (которое включает множество проверок во время выполнения) и --enable-debug (которое упрощает использование средств отладки).

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 мож-

но 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.

2. **Сборка**

   Чтобы запустить сборку, введите:

   ```
   make
   ```

   (Помните, что нужно использовать GNU make.) Сборка займёт несколько минут, в зависимости от мощности вашего компьютера. В конце должно появиться сообщение:

   ```
   All of PostgreSQL successfully made. Ready to install.
   ```

   (Весь PostgreSQL собран успешно и готов к установке.)

   Если вы хотите собрать всё, что может быть собрано, включая документацию (страницы HTML и man) и дополнительные модули (`contrib`), введите:

   ```
   make world
   ```

   В конце должно появиться сообщение:

   ```
   PostgreSQL, contrib and documentation successfully made. Ready to install.
   ```

   (PostgreSQL, contrib и документация собраны успешно и готовы к установке.)

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 комплект 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 файле `src/test/regress/README` и документации 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 документации Разделе 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.

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.

# 16.5. 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.org/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. Начало

Далее вкратце рассказывается, как после установки PostgreSQL начать с ним работу. Более подробно об этом рассказывается в основной документации.

1. Создайте в системе пользователя для сервера PostgreSQL. Сервер будет запускаться и работать под именем этого пользователя. В производственной среде для этой цели нужно создать отдельную, непривилегированную учётную запись (обычно ей дают имя «postgres»). Если же у вас нет прав администратора или вы хотите просто поэкспериментировать, можно использовать и вашу собственную учётную запись (но учтите, что запуск сервера под именем root угрожает безопасности и поэтому не допускается).

   ```
   adduser postgres
   ```

2. Подготовьте базы данных с помощью команды `initdb`. Запускать `initdb` вы должны с именем пользователя, выбранного для сервера PostgreSQL. Под именем root она не запустится.

   ```
   root# mkdir /usr/local/pgsql/data
   root# chown postgres /usr/local/pgsql/data
   root# su - postgres
   postgres$ /usr/local/pgsql/bin/initdb -D /usr/local/pgsql/data
   ```

   Параметр `-D` задаёт место, куда будут помещены данные. Вы можете задать любой путь, это не обязательно должен быть каталог внутри дерева инсталляции. Достаточно убедиться в том, что серверный пользователь имеет право записи в этот каталог, (а если он не существует, создать его) прежде чем запускать `initdb`, как показано здесь.

3. На данном этапе, если вы не применяли параметр `initdb -A`, может понадобиться модифицировать `pg_hba.conf` для разрешения локального доступа к серверу, прежде чем запускать его. По умолчанию он доверяет всем локальным пользователям.

4. На предыдущем шаге программа `initdb` должна была сказать вам, как запускать сервер баз данных. Выполните эти указания сейчас. Например, команда может быть такой:

   ```
   /usr/local/pgsql/bin/postgres -D /usr/local/pgsql/data
   ```

   При этом сервер будет запущен на переднем плане. Запустить его на заднем плане можно примерно так:

   ```
   nohup /usr/local/pgsql/bin/postgres -D /usr/local/pgsql/data \
       </dev/null >>server.log 2>&1 </dev/null &
   ```

   Чтобы остановить сервер, работающий в фоновом процессе, можно ввести:

   ```
   kill `cat /usr/local/pgsql/data/postmaster.pid`
   ```

5. Создайте базу данных:

   ```
   createdb testdb
   ```

   Затем введите:

   ```
   psql testdb
   ```

   для того чтобы подключиться к этой базе. В появившемся приглашении вы сможете вводить команды SQL и приступить к экспериментам.

# 16.7. Что теперь?

- Дистрибутив PostgreSQL содержит всеобъемлющую документацию, с которой вам следует со временем ознакомиться. Завершив установку, просмотреть документацию можно, открыв в браузере страницу `/usr/local/pgsql/doc/html/index.html` (если пути инсталляции не были изменены).

  Первые несколько глав основной документации вводные, и если вы совершенно не знакомы с базами данных SQL, начать следует с них. Если же основы баз данных вам изучать не требует-

ся, вы можете перейти к части, посвящённой администрированию сервера, в которой описывается как настроить сервер, создать пользователей и организовать аутентификацию.

- Обычно бывает желательно настроить компьютер так, чтобы при его загрузке сервер баз данных запускался автоматически. Как это сделать, вы можете узнать в документации.
- Ещё раз запустите регрессионные тесты для проверки установленного сервера (выполнив `make installcheck`). Если вы не запускали тесты до установки, это, определённо, стоит сделать сейчас. Об этом также рассказывается в документации.
- По умолчанию PostgreSQL ориентирован на работу с минимальными аппаратными требованиями. Это позволяет запускать его практически на любом оборудовании. Однако эта конфигурация не оптимизирована для высокой производительности. Чтобы получить наилучшую производительность, потребуется настроить несколько параметров сервера, в том числе `shared_buffers` и `work_mem` (одни из наиболее важных). На быстродействие сервера также влияют и другие параметры, описанные в документации.

# 16.8. 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 (Win2000 SP4 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 16.9 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>`.

# 16.9. 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 `src/test/regress/README` и документации 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.

## 16.9.1. AIX

PostgreSQL работает в AIX, но установить его правильно может быть непростой задачей. Поддерживаемыми считаются версии AIX с 4.3.3 до 6.1. Для сборки вы можете применить GCC или собственный компилятор IBM `xlc`. Вообще говоря, полезно использовать последние версии AIX и PostgreSQL. Получить актуальную информацию о версиях AIX, работа в которых проверена на данный момент, можно на сайте фермы сборки.

Минимальные рекомендуемые уровни исправлений для поддерживаемых версий AIX:

AIX 4.3.3

Эксплуатационный уровень (ML) 11 + пакет исправлений после ML11

AIX 5.1

Эксплуатационный уровень (ML) 9 + пакет исправлений после ML9

AIX 5.2

Технологический уровень (TL) 10, Пакет обновлений (SP) 3

AIX 5.3

Технологический уровень (TL) 7

AIX 6.1

Базовый уровень

Чтобы проверить ваш текущий уровень исправлений, выполните `oslevel -r` в AIX версии с 4.3.3 по 5.2 ML 7, либо `oslevel -s` в более поздних версиях.

Если Readline или libz у вас установлены не в `/usr/local`, передайте `configure` следующие ключи в дополнение к вашим: `--with-includes=/usr/local/include --with-libraries=/usr/local/lib`.

#### 16.9.1.1. Особенности использования GCC

В AIX 5.3 наблюдались проблемы с компиляцией и запуском PostgreSQL с использованием GCC.

Для успешной сборки вам потребуется GCC версии новее 3.3.2, особенно, если вы используете версию из системного пакета. Мы добивались успеха с 4.0.1. Проблемы с предыдущими версиями, судя по всему, были связаны больше с тем, как IBM упаковала GCC, а не собственно с GCC, поэтому если вы скомпилируете GCC самостоятельно, положительный исход возможен и с ранней версией GCC.

#### 16.9.1.2. Неработающие Unix-сокеты

В AIX 5.3 была проблема с размером структуры `sockaddr_storage`. В версии 5.3 IBM увеличила размер `sockaddr_un`, структуры адреса для Unix-сокетов, но не увеличила соответственно размер `sockaddr_storage`. В итоге при попытке PostgreSQL использовать Unix-сокеты происходило переполнение этой структуры в libpq. Подключение через TCP/IP устанавливается корректно, а через Unix-сокеты — нет, и в результате регрессионные тесты не проходят.

Об этой проблеме было сообщено IBM, она зафиксирована в отчёте об ошибке PMR29657. Если вы обновите систему до эксплуатационного уровня 5300-03 или новее, она получит соответствующее исправление. В качестве временного решения можно присвоить `_SS_MAXSIZE` значение 1025 в `/usr/include/sys/socket.h`. В любом случае после исправления этого заголовочного файла перекомпилируйте PostgreSQL.

#### 16.9.1.3. Проблемы с сетевыми адресами

PostgreSQL пользуется системной функцией `getaddrinfo` для разбора IP-адресов, указанных в параметре `listen_addresses`, файле `pg_hba.conf` и т. д. В старых версиях AIX эта функция работала некорректно. Если вы столкнулись с проблемами в этой области, обновление до уровня исправлений AIX, обозначенного выше, должно решить их.

Один пользователь сообщает:

Используя PostgreSQL версии 8.1 в AIX 5.3, мы периодически сталкивались с тем, что сборщик статистики «загадочным образом» не запускается. Кажется, это результат незапланированного поведения реализации IPv6. Похоже, что PostgreSQL и IPv6 не дружат в AIX 5.3.

Для «решения» проблемы можно выполнить одно из следующих действий.

- Удалите адрес IPv6 для localhost:

```
(от имени root)
# ifconfig lo0 inet6 ::1/0 delete
```

- Удалите IPv6 из сетевых сервисов. Файл `/etc/netsvc.conf` в AIX примерно соответствует файлу `/etc/nsswitch.conf` в Solaris/Linux. По умолчанию в AIX он выглядит так:

  ```
  hosts=local,bind
  ```

  Чтобы отключить поиск адресов IPv6, замените его содержимое следующим:

  ```
  hosts=local4,bind4
  ```

> **Предупреждение**
>
> К этим временным решениям приходилось прибегать из-за проблем, связанных с сырой реализацией IPv6, которая заметно улучшилась в последующих выпусках AIX 5.3. Эти решения работали в AIX версии 5.3, но они конечно далеки от идеальных. Кроме того, сообщалось, что они не только не требуются, но и приводят к другим проблемам в AIX 6.1, где поддержка IPv6 стала более зрелой.

#### 16.9.1.4. 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 дво-

ичные 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.

**Ссылки и ресурсы**

«*Large Program Support*». *Документация AIX: Общие концепции программирования: Написание и отладка программ*.

«*Program Address Space Overview*». *Документация AIX: Общие концепции программирования: Написание и отладка программ*.

«*Performance Overview of the Virtual Memory Manager (VMM)*». *Документация AIX: Руководство по управлению производительностью*.

«*Page Space Allocation*». *Документация AIX: Руководство по управлению производительностью*.

«*Paging-space thresholds tuning*». *Документация AIX: Руководство по управлению производительностью*.

*Developing and Porting C and C++ Applications on AIX*. Красная книга IBM.

## 16.9.2. 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 обычной процедуре установки (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`.

## 16.9.3. HP-UX

PostgreSQL 7.3+ должен работать на машинах Series 700/800 PA-RISC под управлением HP-UX 10.X или 11.X, с подходящими уровнями системных исправлений и средствами сборки. Как минимум один разработчик регулярно тестирует сборку в HP-UX 10.20, и мы получали сообщения об успешных установках в HP-UX 11.00 и 11.11.

Помимо пакета исходного кода PostgreSQL, вам потребуется GNU make (HP make не подойдёт) и GCC или полный компилятор ANSI C от HP. Если вы намерены выполнить сборку не из дистрибутивного пакета исходного кода, а из Git, вам также потребуется Flex (GNU lex) и Bison (GNU yacc). Мы также рекомендуем убедиться, что у вас установлены довольно свежие исправления HP. Для сборки 64-битного кода в HP-UX 11.11 вам потребуется PHSS_30966 (11.11) или более новое исправление, без него `initdb` может зависать. Как правило, для сборки нужно иметь текущие исправления libc и ld/dld, а также компилятора (если вы используете компилятор HP). Получить эти исправления бесплатно можно на сайтах поддержки HP (например здесь: *ftp://us-ffs.external.hp.com/*).

Если вы проводите сборку на машине PA-RISC 2.0 и хотите получить 64-битный исполняемый код, вы должны использовать 64-битную версию GCC.

Если вы проводите сборку на машине PA-RISC 2.0 и хотите, чтобы скомпилированный код запускался на машинах PA-RISC 1.1, также потребуется указать `+DAportable` в `CFLAGS`.

Если вы проводите сборку на машине HP-UX Itanium, вам потребуется последний компилятор ANSI C от HP с соответствующим исправлением или более новыми:

PHSS_30848 s700_800 HP C Compiler (A.05.57)
PHSS_30849 s700_800 u2comp/be/plugin library Patch

Если вы используете компилятор HP C и GCC, может потребоваться явно выбрать предпочитаемый компилятор при запуске `configure`:

```
./configure CC=cc
```

для использования компилятора C от HP, либо

```
./configure CC=gcc
```

для выбора GCC. При отсутствии явного указания configure выберет `gcc`, если есть такая возможность.

По умолчанию целевой каталог установки — `/usr/local/pgsql`, но вы, возможно, захотите его изменить на другой, внутри `/opt`. В этом случае передайте его `configure` с ключом `--prefix`.

В регрессионных тестах возможны отклонения при геометрических проверках, в наименее значащих цифрах, в зависимости от применяемого компилятора и математической библиотеки. Любые другие ошибки заслуживают внимания.

## 16.9.4. macOS

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:

```
xcodebuild -version -sdk macosx 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
```

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 Postgres просто отключают SIP.

## 16.9.5. 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 с Visual C++ выполняется по-другому, как описано в документацииГлаве 17. Это полностью естественная сборка для Windows, для которой не требуется дополнительное ПО вроде MinGW. Готовый инсталлятор для Windows можно найти на сайте PostgreSQL.

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 *http://mingw-w64.sourceforge.net/*, 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.

#### 16.9.5.1. 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.

### 16.9.6. Solaris

PostgreSQL хорошо поддерживается в Solaris. Чем новее операционная система, тем меньше затруднений будет; подробнее об этом ниже.

#### 16.9.6.1. 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. Мы слышали о проблемах с GCC 2.95.1, поэтому рекомендуется использовать GCC 2.95.3 или новее. 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 *http://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 *http://www.gnu.org/order/ftp.html*.

#### 16.9.6.2. 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.

#### 16.9.6.3. Периодические сбои 64-битной сборки

В Solaris 7 и старее 64-битная версия libc содержала бракованную функцию `vsnprintf`, которая могла вызывать непредсказуемые сбои PostgreSQL. Самое простое известное решение — сделать, чтобы PostgreSQL использовал собственную версию `vsnprintf` вместо библиотечной версии. Для этого, выполнив `configure`, отредактируйте полученный в результате `configure` файл. В `src/Makefile.global` поменяйте строку

```
LIBOBJS =
```

на такую

```
LIBOBJS = snprintf.o
```

(В этой переменной уже также могут быть перечислены и другие файлы.) Затем продолжите сборку как обычно.

#### 16.9.6.4. 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`). С такими флагами PostgreSQL может вести себя нестандартно, например, выполняя операции с датами/временем.

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.

### 16.9.6.5. Применение DTrace для трассировки PostgreSQL

Да, вы можете использовать DTrace. За дополнительными сведениями обратитесь к документации Разделу 28.5.

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. В этом случае вам 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 2019 и использовать входящий в её состав компилятор. Также возможна сборка с помощью полной версии Microsoft Visual C++ 2005—2019. 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 16.9.5 и Подразделе 16.9.2. 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, таких как Windows 98. 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 2019 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 2005 — Visual Studio 2019 (включая редакции Express), а также отдельных выпусков Windows SDK версии с 6.0 по 10. Для 64-битных сборок также можно использовать Microsoft Windows SDK версии с 6.0a по 10 или Visual Studio 2008 и новее. Компиляция для систем, начиная с Windows XP и Windows Server 2003, поддерживается при использовании Visual Studio 2005 — Visual Studio 2013. При сборке с Visual Studio 2015 поддерживаются системы, начиная с Windows Vista и Windows Server 2008. При сборке с Visual Studio 2017 и Visual Studio 2019 поддерживаются системы, начиная с Windows 7 SP1 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. Если вы используете Microsoft Windows SDK, запустите через стартовое меню, подменю SDK оболочку CMD shell. В последних версиях SDK можно изменить целевую архитектуру процессора, вариант сборки и целевую ОС с помощью команды `setenv`, например после `setenv /x86 /release /xp` будет получена выпускаемая 32-битная сборка для Windows XP. О дру-

гих параметрах `setenv` можно узнать с ключом `/?`. Все команды должны запускаться из каталога `src\tools\msvc`.

До начала сборки может потребоваться отредактировать 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.

ActiveState Perl

ActiveState 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 *http://www.activestate.com* (Заметьте, что требуется версия 5.8.3 или выше, при этом достаточно бесплатного стандартного дистрибутива (Standard Distribution).)

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`.

ActiveState TCL

Требуется для компиляции PL/Tcl (Заметьте, что требуется версия 8.4 или выше, при этом достаточно бесплатного стандартного дистрибутива (Standard Distribution)).

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*. Заметьте, 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 *http://web.mit.edu/Kerberos/dist/index.html*.

libxml2 и libxslt

Требуется для поддержки XML. Двоичный пакет можно загрузить с *http://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 *http://www.slproweb.com/products/Win32OpenSSL.html*, а исходный код с *http://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 *http://www.python.org*.

zlib

Требуется для поддержки сжатия в pg_dump и pg_restore. Двоичные пакеты можно загрузить с *http://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 перед сборкой важно запустить требуемую версию командного интерпретатора.

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 загруз-

ки 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 upgradecheck
```

Чтобы выбрать другой планировщик выполнения тестов (по умолчанию выбран параллельный), укажите его в командной строке, например:

```
vcregress check serial
```

За дополнительными сведениями о регрессионных тестах обратитесь к Главе 32.

Для запуска регрессионных тестов клиентских программ с применением команды `vcregress bincheck` или тестов восстановления, с применением `vcregress recoverycheck`, 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';
```

## 17.1.6. Сборка документации

Для сборки документации PostgreSQL в формате HTML требуются дополнительные инструменты и файлы. Создайте общий каталог для всех этих файлов и сохраните их в названные подкаталоги.

OpenJade 1.3.1-2

Загрузите архив *http://sourceforge.net/projects/openjade/files/openjade/1.3.1/openjade-1_3_1-2-bin.zip/download* и распакуйте его в подкаталог `openjade-1.3.1`.

DocBook DTD 4.2

Загрузите архив с *http://www.oasis-open.org/docbook/sgml/4.2/docbook-4.2.zip* и распакуйте его в подкаталог `docbook`.

Сущности символов ISO

Загрузите архив с *http://www.oasis-open.org/cover/ISOEnts.zip* и распакуйте его в подкаталог `docbook`.

Добавьте в `buildenv.pl` переменную, задающую местоположение ранее созданного общего каталога, например:

```
$ENV{DOCROOT}='c:\docbook';
```

Чтобы собрать документацию, запустите `builddoc.bat`. Обратите внимание, что при этом сборка фактически будет запущена дважды; это нужно для построения индексов. Сгенерированные HTML-файлы окажутся в каталоге `doc\src\sgml`.

# Глава 18. Подготовка к работе и сопровождение сервера

В этой главе рассказывается, как организовать работу сервера баз данных и его взаимодействие с операционной системой, а также о некоторых задачах сопровождения.

## 18.1. Учётная запись пользователя PostgreSQL

Как и любую другую 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, не стоит использовать для этого пользователя `nobody`.) Также рекомендуется не устанавливать под именем этого пользователя исполняемые файлы, чтобы их нельзя было подменить в случае компрометации системы.

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`. Для инициализации кластера баз данных применяется команда initdb,которая устанавливается в составе PostgreSQL. Расположение кластера базы данных в файловой системе задаётся параметром `-D`, например:

```
$ initdb -D /usr/local/pgsql/data
```

Заметьте, что эту команду нужно выполнять от имени учётной записи PostgreSQL, о которой 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.

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. Использование сетевых файловых систем

Во многих инсталляциях кластеры баз данных создаются в сетевых файловых ресурсах. Иногда это реализуется с применением сетевой файловой системы (NFS, Network File System) или сетевых хранилищ (NAS, Network Attached Storage), использующих NFS внутри. PostgreSQL не делает ничего специфического с файловыми системами NFS, то есть он предполагает, что NFS работает точно так же, как и локально подключённые диски. Но если реализация клиента или сервера NFS не обеспечивает стандартное поведение файловой системы, это чревато нестабильной работой (см. *http://www.time-travellers.org/shane/papers/NFS_considered_harmful.html*). В частности, возможно разрушение данных при отложенной (асинхронной) записи на сервер NFS. Поэтому, по возможности, во избежание таких проблем монтируйте файловые системы NFS в синхронном режиме (без кеширования). Кроме того, не рекомендуется применять мягкое монтирование файловой системы NFS.

В сетях хранения данных (SAN, Storage Area Networks) обычно используются собственные протоколы, не NFS, и они могут быть не подвержены (а могут быть и подвержены) этим рискам. По вопросам гарантии согласованности данных обратитесь к документации производителя. PostgreSQL не может быть надёжнее файловой системы, которую он использует.

# 18.3. Запуск сервера баз данных

Чтобы кто-либо смог обратиться к базе данных, необходимо сначала запустить сервер баз данных. Программа сервера называется `postgres`.Для работы программа `postgres` должна знать, где найти данные, которые она будет использовать. Указать это местоположение позволяет параметр `-D`. Таким образом, проще всего запустить сервер, выполнив команду:

```
$ postgres -D /usr/local/pgsql/data
```

в результате которой сервер продолжит работу в качестве процесса переднего плана. 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 будет запущен.

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)

  [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=0

  [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 0 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). Возможно также, что в вашем ядре вообще отсутствует поддержка разделяемой памяти в стиле System-V. В качестве временного решения можно попытаться запустить сервер с меньшим числом буферов (shared_buffers), но в итоге вам, скорее всего, придётся 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 разделяемой памяти в сумме превышает этот 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.

Если вы получаете ошибку «illegal system call» (неверный системный вызов), то, вероятнее всего, ваше ядро вовсе не поддерживает разделяемую память или семафоры. В этом случае вам остаётся только переконфигурировать ядро и включить их поддержку.

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 20.4.) 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.

Если эти механизмы полностью отсутствуют в системе, при запуске сервера обычно выдаётся ошибка «Illegal system call» (Неверный системный вызов). В этом случае единственный способ решить проблему — переконфигурировать ядро системы. Без них PostgreSQL просто не будет работать. Это довольно редкая ситуация, особенно с современными операционными системами.

При запуске сервера PostgreSQL обычно запрашивает очень небольшой объём разделяемой памяти System V и намного больший объём памяти POSIX (`mmap`). Помимо этого при запуске 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.

> **Примечание**
>
> PostgreSQL до версии 9.3 использовал только разделяемую память System V, поэтому необходимый для запуска сервера объём разделяемой памяти System V был гораздо больше. Если вы используете более раннюю версию сервера, обратитесь к документации по вашей версии.

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 |
| SEMMNI | Максимальное число идентификаторов семафоров (т. е., их наборов) | как минимум ceil((max_connections + autovacuum_max_workers + max_worker_processes + 5) / 16) плюс потребность других приложений |
| SEMMNS | Максимальное число семафоров для всей системы | ceil((max_connections + autovacuum_max_workers + 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 разделяемую память System V занимают и другие приложения, 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). Макси-

мальное 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) и фоновый процесс (max_worker_processes), в наборах по 16. В каждом таком наборе есть также 17-ый 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 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_worker_processes + 5) / 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) и фоновый процесс (max_worker_processes). На платформах, где предпочитается этот вариант, отсутствует определённый лимит ядра на количество семафоров POSIX.

AIX

Как минимум с версии 5.1, для таких параметров, как SHMMAX, никакая дополнительная настройка не должна требоваться, так как система, похоже, позволяет использовать всю память в качестве разделяемой. Подобная конфигурация требуется 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

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.

Эти параметры, связанные с семафорами, sysctl менять не позволяет, но их можно задать в /boot/loader.conf:

```
kern.ipc.semmni=256
kern.ipc.semmns=512
```

Чтобы изменённые таким образом параметры вступили в силу, требуется перезагрузить систему.

Возможно, вы захотите настроить ядро так, чтобы разделяемая память 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 используете «камеры» FreeBSD, включив в sysctl параметр `security.jail.sysvipc_allowed`, главные процессы postmaster, работающие в разных камерах, должны запускаться разными пользователями операционной системы. Это усиливает защиту, так как не позволяет обычным пользователям обращаться к разделяемой памяти или семафорам в разных камерах, и при этом способствует корректной работе кода очистки IPC в PostgreSQL. (Во FreeBSD 6.0 и более поздних версиях код очистки IPC не может корректно выявить процессы в других камерах, что не позволяет запускать процессы postmaster на одном порту в разных камерах.)

До версии 4.0 система FreeBSD работала так же, как и старая OpenBSD (см. ниже).

NetBSD

В NetBSD, начиная с версии 5.0, параметры IPC можно изменить, воспользовавшись командой `sysctl`, например:

```
$ sysctl -w kern.ipc.semmni=100
```

Чтобы эти параметры сохранялись после перезагрузки, измените `/etc/sysctl.conf`.

Обычно имеет смысл увеличить `kern.ipc.semmni` и `kern.ipc.semmns`, так как их значения по умолчанию в NetBSD слишком малы.

Возможно, вы захотите настроить ядро так, чтобы разделяемая память всегда находилась в ОЗУ и никогда не выгружалась в пространство подкачки. Это можно сделать, установив с помощью `sysctl` параметр `kern.ipc.shm_use_phys`.

До версии 5.0 система NetBSD работала так же, как старые OpenBSD (см. ниже), за исключением того, что параметры ядра в этой системе устанавливаются с указанием `options`, а не `option`.

OpenBSD

В OpenBSD, начиная с версии 3.3, параметры IPC можно изменить, воспользовавшись командой `sysctl`, например:

```
$ sysctl kern.seminfo.semmni=100
```

Чтобы эти параметры сохранялись после перезагрузки, измените `/etc/sysctl.conf`.

Обычно имеет смысл увеличить `kern.seminfo.semmni` и `kern.seminfo.semmns`, так как их значения по умолчанию в OpenBSD слишком малы.

В старых версиях OpenBSD вам потребуется пересобрать ядро, чтобы изменить параметры IPC. Также убедитесь, что в ядре включены параметры `SYSVSHM` и `SYSVSEM` (по умолчанию они включены). Следующие строки показывают, как установить различные параметры в файле конфигурации ядра:

```
option        SYSVSHM
option        SHMMAXPGS=4096
option        SHMSEG=256

option        SYSVSEM
option        SEMMNI=256
option        SEMMNS=512
option        SEMMNU=256
```

HP-UX

Значения по умолчанию обычно вполне удовлетворяют средним потребностям. В HP-UX 10 параметр SEMMNS по умолчанию имеет значение 128, что может быть недостаточно для больших баз данных.

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

По умолчанию максимальный размер сегмента равен 32 МБ, а максимальный общий размер составляет 2097152 страниц. Страница почти всегда содержит 4096 байт, за исключением нестандартных конфигураций ядра с поддержкой «огромных страниц» (точно узнать размер страницы можно, выполнив getconf PAGE_SIZE).

Параметры размера разделяемой памяти можно изменить, воспользовавшись командой sysctl. Например, так можно выделить 16 ГБ для разделяемой памяти:

```
$ sysctl -w kernel.shmmax=17179869184
$ sysctl -w kernel.shmall=4194304
```

Чтобы сохранить эти изменения после перезагрузки, их также можно записать в файл /etc/sysctl.conf (это настоятельно рекомендуется).

В некоторых старых дистрибутивах может не оказаться программы sysctl, но те же изменения можно произвести, обратившись к файловой системе /proc:

```
$ echo 17179869184 >/proc/sys/kernel/shmmax
$ echo 4194304 >/proc/sys/kernel/shmall
```

Остальные параметры имеют вполне подходящие значения, так что их обычно менять не нужно.

macOS

Для настройки разделяемой памяти в macOS рекомендуется создать файл /etc/sysctl.conf и записать в него присвоения 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.

Имейте в виду, что последние версии macOS игнорируют попытки задать для SHMMAX значение, не кратное 4096.

SHMALL на этой платформе измеряется в страницах (по 4 КБ).

В старых версиях macOS, чтобы изменения параметров разделяемой памяти вступили в силу, требовалась перезагрузка. Начиная с версии 10.5, 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.

Файл /etc/sysctl.conf обрабатывается только начиная с macOS версии 10.3.9. Если вы используете предыдущий выпуск 10.3.x, необходимо отредактировать файл /etc/rc и задать значения следующими командами:

```
sysctl -w kern.sysv.shmmax
```

```
sysctl -w kern.sysv.shmmin
sysctl -w kern.sysv.shmmni
sysctl -w kern.sysv.shmseg
sysctl -w kern.sysv.shmall
```

Заметьте, что `/etc/rc` обычно заменяется при обновлении системы macOS, так что следует ожидать, что вам придётся повторять эти изменения после каждого обновления.

В macOS 10.2 и более ранних версиях вместо этого надо записать эти команды в файле `/System/Library/StartupItems/SystemTuning/SystemTuning`.

Solaris версии с 2.6 по 2.9 (Solaris 6 .. Solaris 9)

Соответствующие параметры можно изменить в `/etc/system`, например так:

```
set shmsys:shminfo_shmmax=0x2000000
set shmsys:shminfo_shmmin=1
set shmsys:shminfo_shmmni=256
set shmsys:shminfo_shmseg=256

set semsys:seminfo_semmap=256
set semsys:seminfo_semmni=512
set semsys:seminfo_semmns=512
set semsys:seminfo_semmsl=32
```

Чтобы изменения вступили в силу, потребуется перегрузить систему. Информацию о разделяемой памяти в более старых версиях Solaris можно найти по ссылке *http://sunsite.uakom.sk/sunworldonline/swol-09-1997/swol-09-insidesolaris.html*.

Solaris 2.10 (Solaris 10) и более поздние версии
OpenSolaris

В Solaris 10 и новее, а также в OpenSolaris, стандартные параметры разделяемой памяти и семафоров достаточно хороши для большинства применений PostgreSQL. По умолчанию Solaris теперь устанавливает в `SHMMAX` четверть объёма ОЗУ. Чтобы изменить этот параметр, воспользуйтесь возможностью задать 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 (общая память и семафоры) 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 нежелательный эффект этого включённого параметра проявляется в том, что объекты семафоров, используемые сервером PostgreSQL, удаляются без видимых причин, что приводит к отказу сервера с сообщениями вида:

```
LOG: semctl(1234567890, 0, IPC_RMID, ...) failed: Invalid argument
```

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 в спецфайле `/proc/sys/fs/file-max`. Изменить этот предел можно, записав другое число в этот файл, либо добавив 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.

## 18.4.4. Чрезмерное выделение памяти в Linux

В Linux 2.4 и новее 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` и `work_mem`. 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.

В Linux 2.6 и новее «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 всё это делается как раз для того, чтобы главный процесс оказался на особом положении.

В старых ядрах Linux `/proc/self/oom_score_adj` отсутствует, но та же функциональность может быть доступна через `/proc/self/oom_adj`. Эта переменная процесса работает так же, только значение, исключающее уничтожение процесса, равно `-17`, а не `-1000`.

> **Примечание**
>
> Некоторые дистрибутивы с ядрами Linux 2.4 содержат предварительную реализацию механизма `sysctl` overcommit, появившегося официально в 2.6. Однако, если установить для `vm.overcommit_memory` значение 2 в ядре 2.4, ситуация не улучшится, а только ухудшится. Прежде чем модифицировать этот параметр в ядре 2.4, рекомендуется проанализировать исходный код вашего ядра (см. функцию `vm_enough_memory` в файле `mm/mmap.c`) и убедиться, что ядро поддерживает именно нужный вам режим. Наличие файла документации `overcommit-accounting` *не* следует считать признаком того, что он действительно поддерживается. В случае сомнений, обратитесь к эксперту по ядру или поставщику вашей системы.

## 18.4.5. Огромные страницы в Linux

Использование огромных страниц снижает накладные расходы при работе с большими непрерывными блоками памяти, что характерно для PostgreSQL, особенно при больших значениях shared_buffers. Чтобы можно было использовать эту возможность 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 посмотрите на показатель `VmPeak` процесса postmaster, а также узнайте размер огромной страницы, воспользовавшись файловой системой `/proc`. Например, вы можете получить:

```
$ head -1 $PGDATA/postmaster.pid
4170
$ grep ^VmPeak /proc/4170/status
VmPeak:  6490428 kB
$ 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. Вы выбираете 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, и, возможно, это придётся делать вручную, чтобы сервер мог запуститься снова. 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 9.78) 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.

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» (Мигра-

ция). Если при обновлении вы пропускаете несколько основных версий, обязательно прочитайте замечания к выпуску, в том числе и 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 7.0.

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 10.11, 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 следующем разделе. 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

Также можно использовать некоторые методы репликации, например Slony, для создания резервного сервера с обновлённой версией PostgreSQL. Это возможно благодаря тому, что Slony поддер-

живает репликацию 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 можно осуществить, прервав работу сервера всего на несколько секунд.

# 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.

Лучший способ защиты от подмены для соединений TCP — использовать сертификаты SSL и добиться, чтобы клиенты проверяли сертификат сервера. Для этого надо настроить сервер, 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).

# 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.

Шифрование избранных столбцов

Модуль pgcrypto позволяет хранить в зашифрованном виде избранные поля. Это полезно, если ценность представляют только некоторые данные. Чтобы прочитать эти поля, клиент передаёт дешифрующий ключ, сервер расшифровывает данные и выдаёт их клиенту.

Расшифрованные данные и ключ дешифрования находятся на сервере в процессе расшифровывания 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. Для шифрования трафика также можно применять stunnel и 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).

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.

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.

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 закрытый ключ защищён паролем, сервер спросит этот пароль и не будет запускаться, пока он не будет введён. Использование такого пароля лишает возможности изменять конфигурацию SSL без перезагрузки сервера. 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`. 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.

## 18.9.1. 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 параметр аутентификации `clientcert=1` 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.) Получив сертификат, сервер будет проверять, подписан ли этот сертификат одним из доверенным центром сертификации.

Промежуточные сертификаты, которые составляют цепочку с существующими корневыми сертификатами, можно также включить в файл `root.crt`, если вы не хотите хранить их на клиентах (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). (Диаграммы, иллюстрирующие использование сертификатов SSL, можно найти на странице *http://h41379.www4.hpe.com/doc/83final/ba554_90007/ch04s02.html*.)

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 0, сервер всё же будет проверять все представленные клиентские сертификаты по своему списку ЦС (если он настроен), но позволит подключаться клиентам без сертификата.

Если вы используете клиентские сертификаты, вы можете также применить метод аутентификации `cert`, чтобы сертификаты обеспечивали не только защиту соединений, но и проверку подлинности пользователей. За подробностями обратитесь к Подразделу 20.3.9. (Устанавливать `clientcert=1` явно при использовании метода аутентификации `cert` не требуется.)

## 18.9.2. Файлы, используемые SSL-сервером

В Таблице 18.2 кратко описаны все файлы, имеющие отношение к настройке SSL на сервере. (Здесь приведены стандартные или типичные 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 (`$PGDATA/root.crt`) | сертификаты доверенных ЦС | позволяет проверить, что сертификат клиента подписан доверенным центром сертификации |
| ssl_crl_file (`$PGDATA/root.crl`) | 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.

## 18.9.3. 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 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 можете установить защищённый тоннель с клиентской машины следующим образом:

```
ssh -L 63333:localhost:5432 joe@foo.com
```

Первое число в аргументе `-L`, 63333 — это номер порта с вашей стороны туннеля; это может быть номер любого свободного порта. (IANA резервирует порты с 49152 по 65535 для частного использования.) Второе число, 5432 — порт с удалённой стороны туннеля, порт вашего сервера. Имя или IP-адрес между этими номерами портов идентифицирует целевой компьютер (где работает сервер баз данных, к которому вы будете подключаться), с точки зрения компьютера, с которого выполняется подключение (в данном примере, `foo.com`). Чтобы подключиться к этому серверу через созданный тоннель, вы можете подключиться к порту 63333 на локальном компьютере:

```
psql -h localhost -p 63333 postgres
```

Для сервера баз данных это будет выглядеть так, как будто вы действительно пользователь `joe` компьютера `foo.com`, подключающийся к `localhost` в этом контексте, и он будет применять ту процедуру проверки подлинности, которая установлена для подключений данного пользователя с этого компьютера. 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 для сервера баз данных подключение будет приходить с его интерфейса `foo.com`, а этот интерфейс 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.

# 18.11. 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. Настройка 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.
- *Число (целое или с плавающей точкой):* Десятичная точка как разделитель целой и дробной части допускается только для параметров, принимающих числа с плавающей точкой. Разделители разрядов в записи числа не принимаются. Заключать в апострофы число не требуется.
- *Число с единицей измерения:* Некоторые числовые параметры задаются с единицами измерения, так как они описывают количества информации или времени. Единицами могут быть килобайты, блоки (обычно восемь килобайт), миллисекунды, секунды или минуты. При указании только числового значения для такого параметра единицей измерения будет считаться единица по умолчанию для параметра, 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: `kB` (килобайты), `MB` (мегабайты), `GB` (гигабайты) и `TB` (терабайты). Множителем единиц информации считается 1024, не 1000.
  - Допустимые единицы времени: `ms` (миллисекунды), `s` (секунды), `min` (минуты), `h` (часы) и `d` (дни).
- *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 всех параметров. Соответствующая ей функция — `current_setting(имя_параметра text)`.

- Команда SET позволяет изменить текущее значение параметров, которые действуют локально в рамках сеанса; на другие сеансы она не влияет. Соответствующая ей функция — `set_config(имя_параметра, новое_значение, локально)`.

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 присвоение значения столбцу, 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 присвоений 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 дирек-

тива 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 использо-

вание 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 старте 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 компьютеров. 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. 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. 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.

Этот параметр не действует в системе Windows, так как в ней нет Unix-сокетов.

`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.

Этот параметр не действует в системе Windows, так как в ней нет Unix-сокетов.

`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. Этот параметр также неприменим в Windows, где нет Unix-сокетов.

`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 неактивности (в секундах), после которого по TCP клиенту должен отправляться сигнал сохранения соединения. При значении 0 действует системный параметр. 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 нулевом значении этот период устанавливается равным 2 часам, так как Windows не позволяет прочитать системное значение по умолчанию.

`tcp_keepalives_interval` (`integer`)

Задаёт интервал (в секундах), по истечении которого следует повторять сигнал сохранения соединения, если ответ от клиента не был получен. При значении 0 действует системная величина. 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 нулевом значении этот 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 действует системная величина. 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.

## 19.3.2. Безопасность и аутентификация

`authentication_timeout` (`integer`)

Максимальное время, за которое должна произойти аутентификация (в секундах). 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. Значение этого параметра по умолчанию — одна минута (`1m`). Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

`ssl` (`boolean`)

Разрешает подключения SSL. Прежде чем его использовать, прочитайте Раздел 18.9. 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.

В предыдущих выпусках PostgreSQL это имя было неизменяемым — `root.crt`.

`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 сертификатов (CRL, Certificate Revocation List) 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 CRL не загружается.

В предыдущих выпусках PostgreSQL имя этого файла было неизменяемым — `root.crl`.

`ssl_key_file` (`string`)

Задаёт имя файла, содержащего закрытый ключ SSL-сервера. 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 защиты соединений. Синтаксис этого параметра и список поддерживаемых значений можно найти на странице ciphers руководства по OpenSSL. Этот параметр можно задать только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера. Значение по умолчанию — `HIGH:MEDIUM:+3DES:!aNULL`. Обычно оно вполне приемлемо при отсутствии особых требований по безопасности.

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 — `true`.

В старых версиях PostgreSQL этот параметр отсутствовал и предпочтение отдавалось выбору клиента. Введён этот параметр в основном для обеспечения совместимости с этими версиями. Вообще же 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.

`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 Подразделу 20.3.2.

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.

krb_server_keyfile (string)

Задаёт размещение файла ключей для сервера Kerberos. За подробностями обратитесь к Подразделу 20.3.3. Задать этот параметр можно только в postgresql.conf или в командной строке при запуске сервера.

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.

# 19.4. 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. (Этот минимум зависит от величины `BLCKSZ`.) Однако для хорошей производительности обычно требуются гораздо большие значения. 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`)

Включает/отключает использование огромных страниц памяти. Допустимые значения: `try` (попытаться, по умолчанию), `on` (вкл.) и `off` (выкл.).

В настоящее время это поддерживается только в Linux. В других системах значение `try` просто игнорируется.

В результате использования огромных страниц уменьшаются таблицы страниц и сокращается время, которое тратит процессор на управление памятью. За подробностями обратитесь к Подразделу 18.4.5.

Когда `huge_pages` имеет значение `try`, сервер попытается использовать огромные страницы, но может переключиться на обычные, если это не удастся. Со значением `on`, если использовать огромные страницы не получится, сервер не будет запущен. Со значением `off` огромные страницы использоваться не будут.

`temp_buffers` (`integer`)

Задаёт максимальное число временных буферов для каждого сеанса, По умолчанию объём временных буферов составляет восемь мегабайт (1024 буфера). Этот параметр можно изменить в отдельном сеансе, но только до первого обращения к временным таблицам; после этого изменить его значение для текущего сеанса не удастся.

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 объём памяти, который будет использоваться для внутренних операций сортировки и хеш-таблиц, прежде чем будут задействованы временные файлы на диске. Значение по умолчанию — четыре мегабайта (4MB). Заметьте, что в сложных запросах одновременно могут выполняться несколько операций сортировки или хеширования, так что этот объём памяти будет доступен для каждой операции. 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.

maintenance_work_mem (integer)

Задаёт максимальный объём памяти для операций обслуживания БД, в частности VACUUM, CREATE INDEX и ALTER TABLE ADD FOREIGN KEY. По умолчанию его значение — 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.

replacement_sort_tuples (integer)

Когда количество сортируемых кортежей меньше заданного числа, для получения первого потока сортируемых данных будет применяться не алгоритм quicksort, а выбор с замещением. Это может быть полезно в системах с ограниченным объёмом памяти, когда кортежи, поступающие на вход большой операции сортировки, характеризуются хорошей корреляцией физического и логического порядка. Заметьте, что это не относится к кортежам с *обратной* корреляцией. Вполне возможно, что алгоритм выбора с замещением сформирует один длинный поток и слияние не потребуется, тогда как со стратегией по умолчанию может быть получено много потоков, которые затем потребуется слить для получения окончательного отсортированного результата. Это позволяет ускорить операции сортировки.

Значение по умолчанию — 150000 кортежей. Заметьте, что увеличивать это значение обычно не очень полезно, и может быть даже контрпродуктивно, так как эффективность приоритетной очереди зависит от доступного объёма кеша процессора, тогда как со стандартной стратегией потоки сортируются *кеш-независимым* алгоритмом. Благодаря этому стандартная стратегия позволяет автоматически и прозрачно использовать доступный кеш процессора более эффективным образом.

Если в maintenance_work_mem задано значение по умолчанию, внешние сортировки в служебных командах (например, сортировки, выполняемые командами CREATE INDEX для построения-индекса B-дерева) обычно никогда не используют алгоритм выбора с замещением (так как все кортежи помещаются в память), кроме случаев, когда входные кортежи достаточно велики.

autovacuum_work_mem (integer)

Задаёт максимальный объём памяти, который будет использовать каждый рабочий процесс автоочистки. По умолчанию равен -1, что означает, что этот объём определяется значением

maintenance_work_mem. Этот параметр не влияет на поведение команды VACUUM, выполняемой в других контекстах.

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. 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.

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), mmap (для эмуляции разделяемой памяти через отображение в память файлов, хранящихся в каталоге данных) и none (для отключения этой функциональности). 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. Этот параметр задаётся в килобайтах, а 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 при этом учитывается только место, занимаемое явно создаваемыми временными таблицами; на временные файлы, которые создаются неявно при выполнении запроса, это ограничение *не* распространяется.

## 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 столкнё-

тесь 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` (`integer`)

Продолжительность времени, в миллисекундах, в течение которого будет простаивать процесс, превысивший предел стоимости. По умолчанию его значение равно нулю, то есть задержка очистки отсутствует. При положительных значениях интенсивность очистки будет зависеть от стоимости. Заметьте, что во многих системах разрешение таймера составляет 10 мс, поэтому если задать в `vacuum_cost_delay` значение, не кратное 10, фактически будет получен тот же результат, что и со следующим за ним кратным 10.

При настройке интенсивности очистки для `vacuum_cost_delay` обычно выбираются довольно небольшие значения, например 10 или 20 миллисекунд. Чтобы точнее ограничить потребление ресурсов при очистке, лучше всего изменять другие параметры стоимости очистки.

`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 намно-

го 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. Он старается записывать данные из буферов так, чтобы обычным серверным процессам, обрабатывающим запросы, не приходилось ждать записи или это ожидание было минимальным. Однако процесс фоновой записи увеличивает общую нагрузку на подсистему ввода/вывода, так как он может записывать неоднократно изменяемую страницу при каждом изменении, тогда как она может быть записана всего 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` (задаваемое в миллисекундах), и всё повторяется снова. Однако если в пуле не остаётся загрязнённых буферов, он может быть неактивен более длительное время. 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 свободных 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 чем `bgwriter_flush_after` байт, 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. 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).

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.

При изменении этого значения также может быть полезно изменить max_parallel_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_workers (integer)

Задаёт максимальное число рабочих процессов, которое система сможет поддерживать для параллельных запросов. Значение по умолчанию — 8. При увеличении или уменьшения этого значения также может иметь смысл скорректировать 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 backend_flush_after байт, сервер даёт указание ОС произвести запись этих данных в нижележащее хранилище. Это ограничивает объём «грязных» данных в страничном кеше ядра и уменьшает вероятность заторма живания 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. 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, которое можно пользоваться снимком без риска получить ошибку снимок слишком стар. Этот параметр можно задать только при запуске сервера.

По истечении этого времени старые данные могут быть вычищены. Это предотвращает замусоривание данными снимков, которые остаются задействованными долгое время. Во избежание получения некорректных результатов из-за очистки данных, которые должны были бы наблюдаться в снимке, клиенту будет выдана ошибка, если возраст снимка превысит заданный предел и из этого снимка будет запрошена страница, изменённая со времени его создания.

Значение -1 (по умолчанию) отключает это поведение. Полезные значения для производственной среды могут лежать в интервале от нескольких часов до нескольких дней. Заданное значение округляется до минут, а 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 замусоривание 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 30.4.

## 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` некоторые массовые операции могут выполняться в обход журнала без риска потери данных, и при этом они выполнятся гораздо быстрее (см. Подраздел 14.4.7). В частности, такая оптимизация возможна с операциями:

`CREATE TABLE AS`
`CREATE INDEX`
`CLUSTER`
`COPY` с таблицами, которые были созданы или опустошены в той же транзакции

Однако такой 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, будет ли сервер при фиксировании транзакции ждать, пока записи из WAL сохранятся на диске, прежде чем сообщить клиенту об успешном завершении операции. Допустимые значения: on, remote_apply, remote_write, local и off. Значение по умолчанию (оно же самое безопасное) — on. Со значением off 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 для 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 30.3.

Если задано значение synchronous_standby_names, этот параметр также определяет, будет ли сервер при фиксировании транзакции ждать, пока выполнится репликация соответствующих записей WAL на ведомый сервер(ы). Со значением on фиксирование завершается только после получения ответов от текущих синхронных ведомых серверов, подтверждающих, что они получили запись о фиксировании транзакции и сохранили её на диске. 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_apply фиксирование завершается после получения ответов от синхронных ведомых серверов, говорящих, что они получили запись о фиксировании транзакции и применили её, так что она стала видна для запросов на этих серверах. Со значением remote_write фиксирование завершается после получения ответов от текущих синхронных серверов, говорящих, что они получили запись о фиксировании транзакции и передали её ОС для сохранения на диске. Этот вариант позволяет гарантировать сохранность данных даже 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. Наконец, со значением local фиксирование завершается после локального сброса данных, не дожидаясь репликации. Обычно это нежелательный вариант при синхронной репликации, но он представлен для полноты.

Если параметр synchronous_standby_names пуст, варианты on, remote_apply, remote_write и local реализуют одинаковый уровень синхронизации: при фиксировании транзакции сервер ждёт только сохранения данных на локальный диск.

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.

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 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 30.1. 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_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`. 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, как часто процесс записи WAL будет сбрасывать WAL на диск. После очередного сброса WAL он делает паузу на `wal_writer_delay` миллисекунд, но может быть пробуждён асинхронно фиксируемой транзакцией. Если предыдущая операция сброса имела место в последние `wal_writer_delay` миллисекунд и после неё было получено меньше `wal_writer_flush_after` байт WAL, данные WAL только передаются ОС, но не сбрасываются на диск. 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, как часто процесс записи WAL будет сбрасывать WAL на диск. Если предыдущая операция сброса имела место в последние `wal_writer_delay` миллисекунд и за это время было получено меньше `wal_writer_flush_after` байт WAL, данные WAL только передаются операционной системе, но не сбрасываются на диск. Если `wal_writer_flush_after` равен `0`, WAL сбрасывается на диск немедленно. Значение по умолчанию — 1 мегабайт (`1MB`). Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

`commit_delay` (`integer`)

Параметр `commit_delay` добавляет паузу (в микросекундах) 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` микросекунд при каждом сохранении WAL. Эта задержка окажется бесполезной, если никакие другие транзакции не будут зафиксированы за это время, поэтому она добавляет-

ся, только если в момент запроса сохранения WAL активны как минимум commit_siblings других транзакций. Кроме того, эти задержки не добавляются при выключенном fsync. 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 (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 чем checkpoint_flush_after байт, 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 этой контрольной точки или когда ОС сбрасывает данные на диск большими блоками 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. 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, выполняются раньше, чем через заданное число секунд (что говорит о том, что значение max_wal_size нужно увеличить). 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 между автоматическими контрольными точками в WAL. Это мягкий предел; размер WAL может превышать max_wal_size при осо-

бых обстоятельствах, например, при высокой нагрузке, сбое в archive_command или при большом значении wal_keep_segments. 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. 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 число секунд, 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 замусориванию 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. Этот параметр можно задать только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

# 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 данные, а ведомые всегда принимают данные репликации, но когда настроена каскадная репликация (см. Подраздел 26.2.7), ведомые серверы также могут быть и передающими. Большинство следующих параметров относится к передающим и ведомым серверам, но есть несколько параметров, которые имеют смысл только для ведущего. Все эти параметры вполне 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. Нулевое значение отключает репликацию. Процессы-передатчики WAL учитываются в общем числе соединений, так что этот параметр не может превышать max_connections. 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.

`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. Чтобы эти слоты репликации можно было использовать, уровень `wal_level` должен быть `replica` или выше. Если заданное значение данного параметра будет меньше, чем число уже существующих слотов репликации, сервер не запустится.

`wal_keep_segments` (`integer`)

Задаёт минимальное число файлов прошлых сегментов журнала, которые будут сохраняться в каталоге `pg_wal`, чтобы ведомый сервер мог выбрать их при потоковой репликации. Обычно сегмент имеет размер 16 мегабайт. Если ведомый сервер, подключённый к передающему, отстаёт больше чем на `wal_keep_segments` сегментов, передающий удаляет сегменты WAL, всё ещё необходимые ведомому, и в этом случае соединение репликации прерывается. 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 минимальное число сегментов, сохраняемое в каталоге `pg_wal`; система может сохранить больше сегментов для архивации WAL или для восстановления с момента контрольной точки. Если `wal_keep_segments` 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. Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

`wal_sender_timeout` (`integer`)

Задаёт период времени (в миллисекундах), по истечении которого прерываются неактивные соединения репликации. Это помогает передающему серверу обнаружить сбой ведомого или разрывы сети. При значении, равном нулю, тайм-аут отключается. Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера. Значение по умолчанию — 60 секунд.

`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` этого сервера, задаваемое в свойствах подключения. При организации физической репликации оно задаётся в строке `primary_conninfo` в `recovery.conf` (по умолчанию — `walreceiver`). 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, работающим 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.

`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). Значение этого параметра задаётся в миллисекундах (если явно не указаны другие единицы) и 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. Значение этого параметра задаётся в миллисекундах (если явно не указаны другие единицы) и 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_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 задаётся в секундах и 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. При нулевом значении этого параметра передача состояния полностью отключается. Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера. По умолчанию его значение равно 10 секундам.

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 (в миллисекундах), по истечении которого прерываются неактивные соединения репликации. Это помогает принимающему ведомому серверу обнаружить сбой ведущего или разрыв сети. При значении, равном нулю, тайм-аут отключается. Задать этот параметр можно только в postgresql.conf или в командной строке при запуске сервера. Значение по умолчанию — 60 секунд.

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. Задать этот параметр можно только в postgresql.conf или в командной строке сервера. Значение по умолчанию — 5 секунд. Если единицы не задаются, подразумеваются миллисекунды.

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.

## 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.

`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.

# 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_indexscan` (`boolean`)

Включает или отключает использование планов сканирования по индексу. По умолчанию имеет значение `on` (вкл.).

`enable_indexonlyscan` (`boolean`)

Включает или отключает использование планов сканирования только индекса (см. Раздел 11.11). По умолчанию имеет значение `on` (вкл.).

`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_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.

### 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. 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. 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. Значение этого параметра по умолчанию — 4 гигабайта (`4GB`).

## 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 целевое ограничение 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 ограничений таблиц 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 секционированные таблицы и наследование.

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 секционированных таблиц. Включение этой возможности для всех таблиц влечёт дополнительные издержки на планирование, довольно заметные для простых запросов, но никакого выигрыша это не приносит. Если вы не применяете секционированные таблицы, лучше всего полностью отключить эту возможность.

За дополнительными сведениями об исключении по ограничению и секционировании таблиц обратитесь к Подразделу 5.10.4.

`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.

`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.

`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`).

# 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 18.11.

`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)

Определяет максимальное время жизни отдельного журнального файла, при включённом logging_collector. После того как прошло заданное количество минут, создаётся новый журнальный файл. Для запрета создания нового файла по прошествии определённого времени, нужно установить значение 0. Параметр можно задать только в конфигурационных файлах или в командной строке при запуске сервера.

log_rotation_size (integer)

Определяет максимальный размер отдельного журнального файла, при включённом logging_collector. После того как заданное количество килобайт записано в текущий файл, создаётся новый журнальный файл. Для запрета создания нового файла при превышении определённого размера, нужно установить значение 0. 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 равно или превышает указанное количество миллисекунд. Значение 0 (ноль) заставляет записывать продолжительность работы всех команд. Значение -1 (по умолчанию) запрещает регистрировать продолжительность выполнения операторов. Например, при значении `250ms`, все команды, которые выполняются за 250 миллисекунд и дольше будут записаны в журнал сервера. Включение параметра полезно для выявления плохо оптимизированных запросов в приложении. Только суперпользователи могут изменить этот параметр.

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 сессии. Это позволит связать текст запроса с записью о продолжительности выполнения, которая появится позже.

В Таблице 19.1 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 19.1. 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` |

| Уровень | Использование | syslog | eventlog |
|---|---|---|---|
| FATAL | Сообщает об ошибке, из-за которой прервана текущая сессия. | ERR | ERROR |
| PANIC | Сообщает об ошибке, из-за которой прерваны все сессии. | CRIT | ERROR |

## 19.8.3. Что протоколировать

application_name (string)

application_name это любая строка, не превышающая 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 этого параметра 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 всех команд, а текст запросов — только для команд с длительностью, превысившей 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 А), 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 файле postgresql.conf или в командной строке при запуске сервера. Со значением по умолчанию, '%m [%p] ', в журнал выводится метка времени и идентификатор процесса.

| Спецсимвол | Назначение | Только для пользовательского процесса |
|---|---|---|
| %a | Имя приложения (application_name) | да |
| %u | Имя пользователя | да |

| Спецсимвол | Назначение | Только для пользовательского процесса |
|---|---|---|
| %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 |
| %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 сессии | да |
| %e | Код ошибки SQLSTATE | нет |
| %c | Идентификатор сессии. Подробности ниже | нет |
| %l | Номер строки журнала для каждой сессии 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 |

%c выводит псевдоуникальный номер сеанса, состоящий из двух 4-байтных шестнадцатеричных чисел (без ведущих нулей), разделённых точкой. Эти числа представляют время старта процесса и идентификатор процесса, поэтому %c можно использовать для экономии места при выводе этих значений. Например, для получения идентификатора сеанса из pg_stat_activity используйте запрос:

```
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_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).

`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 включением в журнал информации об именах и размерах временных файлов. Временные файлы могут использоваться для сортировок, хеширования и временного хранения результатов запросов. На каждый временный файл, при его удалении, в журнал записывается отдельное сообщение. Значение 0 говорит о том, что нужно записывать информацию о всех временных файлах. Положительное значение задаёт размер временных файлов в килобайтах, при достижении или превышении которого, информация о временном файле будет записана.

Значение по умолчанию -1, что отключает запись информации о временных файлах. Только суперпользователи могут изменить этот параметр.

`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 сессий 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 сессии; номер строки каждой сессии; тег команды; время начала сессии; 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`) и имя приложения. 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,
  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;
```

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 28.1.

cluster_name (string)

Задаёт имя кластера, которое отображается в заголовке процесса для всех серверных процессов данного кластера. 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 28.

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 пользователя-владельца сеанса, в котором выполняется текущая команда. Поэтому это не должно повлечь риски, связанные с безопасностью. Изменить этот параметр могут только суперпользователи.

track_activity_query_size (integer)

Задаёт число байт, которое будет зарезервировано для отслеживания выполняемой в данной момент команды в каждом активном сеансе, для поля pg_stat_activity.query. Значение по умолчанию — 1024. 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. Подраздел «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 (в миллисекундах), при превышении которого информация об этом действии записывается в протокол. При нулевом значении в протоколе фиксируются все действия автоочистки. Значение -1 (по умолчанию) отключает протоколирование действий автоочистки. Например, если задать значение 250ms, в протоколе будут фиксироваться все операции автоматической очистки и анализа, выполняемые дольше 250 мс. Кроме того, когда этот параметр имеет любое значение, отличное от -1, в протокол будет записываться сообщение в случае пропуска действия автоочистки из-за конфликтующей блокировки. 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. Задержка задаётся в секундах и по умолчанию 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_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_analyze_scale_factor (floating point)

Задаёт процент от размера таблицы, который будет добавляться к autovacuum_analyze_threshold при выборе порога срабатывания команды ANALYZE. Значе-

ние 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` (`integer`)

Задаёт задержку при превышении предела стоимости, которая будет применяться при автоматических операциях `VACUUM`. При значении -1 применяется обычная задержка vacuum_cost_delay. Значение по умолчанию — 20 миллисекунд. 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 5.8. 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 9.25). 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_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.

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 (присвоение 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, ко-

торый 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.

`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`. За дополнительными сведениями обратитесь к ALTER TABLE.

`statement_timeout` (`integer`)

Задаёт максимальное время выполнения оператора (в миллисекундах), начиная с момента получения сервером команды от клиента, по истечении которого оператор прерывается. Если `log_min_error_statement` имеет значение `ERROR` или ниже, оператор, прерванный по тайм-ауту, будет также записан в журнал. При значении, равном нулю (по умолчанию), этот контроль длительности отключается.

Устанавливать значение `statement_timeout` в `postgresql.conf` не рекомендуется, так как это повлияет на все сеансы.

`lock_timeout` (`integer`)

Задаёт максимальную длительность ожидания (в миллисекундах) 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. 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 (в миллисекундах) 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.

Значение по умолчанию (0) отключает это поведение.

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 9.14.

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 GIN, и очередь очищается. Размер по умолчанию — четыре мегабайта (`4MB`). Этот предел можно переопределить для отдельных индексов GIN, изменив их параметры хранения. За дополнительными сведениями обратитесь к Подразделу 64.4.1 и Разделу 64.5.

## 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`.

`IntervalStyle` (`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, выводимых при отображении чисел с плавающей точкой, включая типы float4, float8 и геометрические типы. Значение параметра добавляется к стандартному числу цифр (FLT_DIG или DBL_DIG, в зависимости от типа). Значение может быть положительным, до 3, и тогда в выводе добавляются частично значимые цифры (это особенно полезно для выгрузки чисел с плавающей точкой, которые должны быть восстановлены точно), или отрицательным, тогда в выводе будут подавляться нежелательные цифры. См. также Подраздел 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 сведени-

ями 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.

### 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 64.5.

## 19.12. Управление блокировками

`deadlock_timeout` (`integer`)

Время ожидания блокировки (в миллисекундах), 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. 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 уме-

щаются 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. 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'...').

default_with_oids (boolean)

Этот параметр определяет, будут ли команды CREATE TABLE и CREATE TABLE AS без явных указаний WITH OIDS и WITHOUT OIDS добавлять столбец OID в создаваемые таблицы. Он также устанавливает, будут ли столбцы OID добавляться в таблицы, создаваемые командой SELECT INTO. По умолчанию значение этого параметра — off (столбцы OID не добавляются); в PostgreSQL версии 8.0 и ранее он был включён (on).

Практика использования OID в пользовательских таблицах считается устаревшей, так что в большинстве инсталляций не следует включать этот параметр. Приложения, которым требуется столбец OID в определённой таблице, могут явно указать WITH OIDS при создании таблицы. Этот параметр следует включать только для совместимости со старыми приложениями, которые не делают этого.

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. Например, функции lo_import() и lo_export() будут требовать прав суперпользователя вне зависимости от данного значения.

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.

`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 data checksums.

`debug_assertions` (`boolean`)

Сообщает, был ли PostgreSQL собран с проверочными утверждениями. Это имеет место, когда при сборке PostgreSQL определён макрос `USE_ASSERT_CHECKING` (для этого нужно передать `configure` флаг `--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.

`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 число блоков (страниц) в файле сегмента WAL. Общий размер файла сегмента WAL равняется произведению `wal_segment_size` и `wal_block_size`; по умолчанию это 16 мегабайт. За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 30.4.

## 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 с многими из этих параметров требуются специальные флаги компиляции.

`allow_system_table_mods` (`boolean`)

Разрешает модификацию структуры системных таблиц. Этот параметр используется командой `initdb`. Задать этот параметр можно только при запуске сервера.

`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`)

При ненулевом значении этот параметр задаёт задержку (в секундах) при запуске нового серверного процесса после выполнения процедуры аутентификации. Он предназначен для того, чтобы разработчики имели возможность подключить отладчик к серверному процессу. Этот параметр нельзя изменить после начала сеанса.

`pre_auth_delay` (`integer`)

При ненулевом значении этот параметр задаёт задержку (в секундах), 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. 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 подробной информации о блокировках. Она содержит вид операции блокировки, тип блокировки и уникальный идентификатор объекта, который блокируется или разблокируется. Кроме того, в её 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 data checksums.

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.

# 19.18. Краткие аргументы

Для удобства с некоторыми параметрами сопоставлены однобуквенные аргументы командной строки. Все они описаны в Таблице 19.2. Некоторые из этих сопоставлений существуют по историческим причинам, так что наличие однобуквенного синонима не обязательно является признаком того, что этот аргумент часто используется.

**Таблица 19.2. 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 = 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.

Запись может быть сделана в одном из семи форматов:

```
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]
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]
```

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.

> **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.

*`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). В противном случае это имя определённой базы данных 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` показывает, что это подходит всем пользователям. В противном случае это либо имя конкретного пользователя базы данных, либо имя группы, в начале которого стоит знак `+`. (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.

Это поле применимо только к записям `host`, `hostssl` и `hostnossl`.

> **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 применимы только к записям `host`, `hostssl` и `hostnossl`.

*метод-аутентификации*

Указывает метод аутентификации, когда подключение соответствует этой записи. Варианты выбора приводятся ниже; подробности в Разделе 20.3.

`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 Подразделу 20.3.1.

`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 Подразделу 20.3.2.

`md5`

Проверяет пароль пользователя, производя аутентификацию SCRAM-SHA-256 или MD5. За подробностями обратитесь к Подразделу 20.3.2.

`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 Подразделу 20.3.2.

`gss`

Для аутентификации пользователя использует GSSAPI. Этот способ доступен только для подключений по TCP/IP. За подробностями обратитесь к Подразделу 20.3.3.

`sspi`

Для аутентификации пользователя использует SSPI. Способ доступен только для Windows. За подробностями обратитесь к Подразделу 20.3.4.

`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 Подразделу 20.3.5.

`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 Подразделу 20.3.6.

`ldap`

Проводит аутентификацию, используя сервер LDAP. За подробностями обратитесь к Подразделу 20.3.7.

`radius`

Проводит аутентификацию, используя сервер RADIUS. За подробностями обратитесь к Подразделу 20.3.8

`cert`

Проводит аутентификацию, используя клиентский сертификат SSL. За подробностями обратитесь к Подразделу 20.3.9

`pam`

Проводит аутентификацию, используя службу подключаемых модулей аутентификации (PAM), предоставляемую операционной системой. За подробностями обратитесь к Подразделу 20.3.10.

`bsd`

Проводит аутентификацию, используя службу аутентификации BSD, предоставляемую операционной системой. За подробностями обратитесь к Подразделу 20.3.11.

.

*`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`. Если он равен `1`, клиент должен представить подходящий (доверенный) сертификат SSL, в дополнение к другим требованиям метода проверки подлинности.

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.
#
# TYPE  DATABASE        USER            ADDRESS                 METHOD
host    all             all             192.168.54.1/32         reject
host    all             all             0.0.0.0/0               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 запрашиваются 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:

*`map-name system-username database-username`*

Комментарии и пробелы применяются так же, как и в файле `pg_hba.conf`. *`map-name`* 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 *`map-name`* 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 которое 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 bob может подключаться как robert
omicron         robert                  bob
# bryanh также может подключаться как guest1
omicron         bryanh                  guest1
```

# 20.3. Методы аутентификации

Следующие подразделы содержат более детальную информацию о методах аутентификации.

## 20.3.1. 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).

## 20.3.2. 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 во внутреннем каталоге `pg_authid`. Управлять паролями можно, либо используя SQL-команды CREATE USER и ALTER ROLE, например, **`CREATE USER foo WITH 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.

## 20.3.3. Аутентификация GSSAPI

GSSAPI является протоколом отраслевого стандарта для безопасной авторизации, определённым в RFC 2743. PostgreSQL поддерживает GSSAPI с Kerberos аутентификацией с соответствии с RFC 1964. GSSAPI обеспечивает автоматическую аутентификацию (single sign-on), для систем, которые её поддерживают. Сама по себе аутентификация безопасна, но данные, отсылаемые в ходе подключения к базе данных, не защищены, если не используется SSL.

Поддержка GSSAPI должна быть включена при сборке PostgreSQL; за дополнительными сведениями обратитесь к Главе 16.

При работе с Kerberos GSSAPI использует стандартные учётные записи в формате *servicename*/*hostname*@*realm*. Сервер PostgreSQL примет любого принципала, включённого в используемый сервером файл таблицы ключей, но необходимо проявить осторожность в указании корректных деталей принципала в ходе соединения с клиентом, применяющим параметр подключения krbsrvname. (См. также Подраздел 33.1.2.) Значение имени сервиса по умолчанию postgres может быть изменено во время сборки с помощью ./configure --with-krb-srvnam=*whatever*. В большинстве сред изменять данный параметр не требуется. Однако некоторые реализации Kerberos могут потребовать иного имени сервиса, например, Microsoft Active Directory требует, чтобы имя сервиса было набрано заглавными буквами (POSTGRES).

*hostname* здесь — это полное доменное имя компьютера, где работает сервер. Областью субъекта-службы является предпочитаемая область данного компьютера.

Принципалы клиентов могут быть сопоставлены с различными именами пользователей баз данных PostgreSQL в pg_ident.conf. Например, принципалу pgusername@realm может быть сопоставлено просто pgusername. Так же возможно использовать в качестве имени роли в PostgreSQL полное имя принципала username@realm без какого-либо сопоставления.

PostgreSQL также поддерживает возможность убирать область 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.

Убедитесь, что файл ключей вашего сервера доступен для чтения (и желательно недоступен для записи) учётной записи сервера PostgreSQL. (См. также Раздел 18.1.) Расположение этого файла ключей указывается параметром krb_server_keyfile. По умолчанию это /usr/local/pgsql/etc/krb5.keytab (каталог может быть другим, в зависимости от значения sysconfdir при сборке). Из соображений безопасности рекомендуется использовать отдельный файл keytab для сервера PostgreSQL, а не открывать доступ к общесистемному файлу.

Файл таблицы ключей генерируется программным обеспечением Kerberos; подробнее это описано в документации Kerberos. Следующий пример для MIT-совместимых реализаций Kerberos 5:

```
kadmin% ank -randkey postgres/server.my.domain.org
```

```
kadmin% ktadd -k krb5.keytab postgres/server.my.domain.org
```

При подключении к базе данных убедитесь, что у вас есть разрешение на сопоставление принципала с именем пользователя базы данных. Например, для имени пользователя базы данных `fred`, принципал `fred@EXAMPLE.COM` сможет подключиться. Чтобы дать разрешение на подключение принципалу `fred/users.example.com@EXAMPLE.COM`, используйте файл сопоставления имён пользователей, как описано в Разделе 20.2.

Для метода GSSAPI 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.

`map`

Разрешает сопоставление имён пользователей системы и пользователей 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.

## 20.3.4. 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. Аутентификация SSPI возможна только когда и сервер, и клиент работают на платформе Windows или на других платформах, где доступен GSSAPI.

Если используется аутентификация Kerberos, SSPI работает так же, как GSSAPI; подробнее об этом рассказывается в Подразделе 20.3.3.

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.

## 20.3.5. 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. Подраздел 20.3.6).

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 нахо-

дится 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 как протокол 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.

## 20.3.6. 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.

## 20.3.7. 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.

Следующие параметры конфигурации доступны при аутентификации в обоих режимах:

`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.

`ldaptls`

Равен 1 для установки соединения между PostgreSQL и LDAP-сервером с использованием TLS-шифрования. Имейте в виду, что так шифруется только обмен данными с LDAP-сервером, а клиентское подключение остаётся незашифрованным, если только не применяется SSL.

Следующие параметры конфигурации доступны только при аутентификации 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 конфигурации доступны только при аутентификации 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`.

`ldapurl`

Адрес RFC 4516 LDAP. Это альтернативный путь для написания некоторых функций LDAP в более компактной и стандартной форме. Формат записи таков:

`ldap://`*`host`*`[:`*`port`*`]/`*`basedn`*`[?[`*`attribute`*`][?[`*`scope`*`]]]`

*`scope`* должен быть представлен или `base`, или `one`, или `sub`, обычно последним. Используется один атрибут, некоторые компоненты стандартных LDAP-адресов, такие, как фильтры и расширения, не поддерживаются.

Для неанонимного связывания `ldapbinddn` и `ldapbindpasswd` должны быть указаны как раздельные параметры.

Для применения зашифрованных LDAP-подключений, в дополнение к параметру `ldapurl` необходимо использовать параметр `ldaptls`. URL-схема `ldaps` (прямое SSL-подключение) не поддерживается.

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.

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.

> **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.

## 20.3.8. 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 `Только Аутентификация`, которое включает в себя параметры `имя пользователя`, `пароль` (зашифрованный) и `идентификатор NAS`. Запрос зашифровывается с использованием общего с сервером секрета. RADIUS-сервер отвечает на запрос сервера либо `Доступ принят`, либо `Доступ отклонён`. Система ведения учёта RADIUS не поддерживается.

Указать можно 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, заключите их в кавычки и разделите запятыми. Если указывается несколько серверов, все остальные параметры RADIUS так же должны записываться в списке через запятую, чтобы каждый сервер получил собственное значение. Возможно также задавать их единственным значением, в этом случае это значение будет применяться ко всем серверам.

Для метода RADIUS доступны следующие параметры конфигурации:

`radiusservers`

Имена или IP-адреса серверов RADIUS для подключения. Это обязательный параметр.

`radiussecrets`

Общие секреты, используемые при общении с сервером RADIUS. Секрет должен 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`

Номер порта для подключения к серверам RADIUS. Если порт не указан, по умолчанию используется порт `1812`.

`radiusidentifiers`

Строка, используемая в запросах сервера RADIUS как `Идентификатор NAS`. Этот параметр может использоваться как второй параметр, выявляющий, например, какой пользователь пытается подключиться под каким пользователем базы данных, что может быть использовано для формирования соответствий на сервере RADIUS. Если не указан идентификатор, по умолчанию используется `postgresql`.

## 20.3.9. Аутентификация по сертификату

Для аутентификации в рамках этого метода используется клиентский сертификат SSL, поэтому данный способ применим только для SSL-подключений. 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.

В записи `pg_hba.conf`, описывающей аутентификацию по сертификату, параметр `clientcert` предполагается равным `1`, и его нельзя отключить, так как для этого метода клиентский сертификат является обязательным. Метод `cert` отличается от простой проверки пригодности сертификата `clientcert` только тем, что также проверяет, соответствует ли атрибут `cn` имени пользователя базы данных.

## 20.3.10. 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.

### 20.3.11. 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.

## 20.4. 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 и управлять ролями. Дополнительную информацию о правах доступа ролей к различным объектам баз данных можно найти в Разделе 5.6.

## 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
```

Для получения списка существующих ролей, рассмотрите `pg_roles` системного каталога, 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 предполагает 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. Однако для создания, изменения, удаления ролей суперпользователей и изменения членства в них требуется иметь статус суперпользователя; права `CREATEROLE` в таких случаях недостаточно.

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'`.

Атрибуты ролей могут быть изменены после создания командой `ALTER ROLE`.Более детальная информация в справке по командам CREATE ROLE и ALTER ROLE.

> **Подсказка**
>
> Рекомендуется создать роль с правами CREATEDB и CREATEROLE, но не суперпользователя, и в последующем использовать её для управления базами данных и ролями. Такой подход позволит избежать опасностей, связанных с использованием полномочий суперпользователя для задач, которые их не требуют.

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, принадлежащих 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. |

| Роль | Разрешаемый доступ |
|---|---|
| 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. |

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 9.26.2.

Распределяя эти роли, следует проявлять осторожность, чтобы они использовались только для целей мониторинга.

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

База данных — именованная коллекция объектов SQL («объектов базы данных»). В целом, каждый объект базы данных (таблицы, функции и т. д.) принадлежит одной и только одной базе данных. (Правда есть несколько системных каталогов, например, `pg_database`, которые принадлежат всему кластеру и доступны для каждой базы данных этого кластера.) Если точнее, база данных это набор схем, которые включают в себя таблицы, функции и т. д. Таким образом, полная иерархия включает в себя: сервер, базу данных, схему, таблицу (или иные типы объектов, к примеру, функции).

При подключении к серверу базы данных, клиент должен указать в параметрах подключения имя базы данных, с которой нужно соединиться. Одно соединение не может иметь доступ более чем к одной базе данных. Однако приложение не ограничено в количестве соединений к одной и той же или разным базам данных. Базы данных разделены физически и контроль доступа осуществляется на уровне соединения. В случае, когда один экземпляр сервера PostgreSQL обслуживает проекты или пользователей, которых необходимо изолировать друг от друга, рекомендуется размещать их в раздельных базах данных. В случае, когда проекты или пользователи взаимосвязаны и должны иметь возможность использовать общие ресурсы, они должны размещаться в одной базе данных, но, возможно, в раздельных схемах. Схемы — в чистом виде логическая структура, и кто к чему может получить доступ управляется системой привилегий. Более подробная информация по управлению схемами приведена в Разделе 5.8.

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.

Также существует вторая системная база `template0`.При инициализации она содержит те же самые объекты, что и `template1`, предопределённые в рамках устанавливаемой версии PostgreSQL. Не нужно вносить никаких изменений в `template0` после инициализации кластера. Если в команде `CREATE DATABASE` указать на необходимость копирования `template0` вместо `template1`, то на выходе можно получить «чистую» пользовательскую базу данных без изменений, внесённых в `template1`. Это удобно, когда производится восстановление из дампа данных с помощью утилиты `pg_dump`: скрипт дампа лучше выполнять в чистую базу, во избежание каких-либо 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 сессии 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_database`есть 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 сессии 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 исполнения. 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 сессии была выполнена команда `SET geqo TO off;`. Стоит обратить внимание, что пользователь по-прежнему может изменять этот параметр во время сессии; 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 фай-

> лов 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 через задание параметра `--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 их 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 следующий функционал 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 11.9. 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 набор 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 странице *http://userguide.icu-project.org/locale* и *http://userguide.icu-project.org/collation/api*. 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 digitslast (provider = icu, locale = 'en-u-kr-latn-digit');
CREATE COLLATION digitslast (provider = icu, locale = 'en@colReorder=latn-digit');
```

Правило сортировки, с которым цифры идут после латинских букв. (По умолчанию цифры идут перед буквами.)

```
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-latn-digit');
CREATE COLLATION special (provider = icu, locale = 'en@colCaseFirst=upper;colReorder=latn-digit');
```

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*. Для исследования свойств определённой локали может быть полезен *ICU Locale Explorer* (Обозреватель локалей ICU). Для примеров с использованием внутренних меток `k*` требуется ICU как минимум версии 54.

Заметьте, что хотя данная система позволяет создавать правила сортировки, которые «игнорируют регистр» или «игнорируют ударения» и тому подобное (используя ключ `ks`), PostgreSQL в данный момент не позволяет применять такие правила сортировки действительно независящим от регистра или ударения способом. 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";
```

# 23.3. 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? | Байтов 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 | 1-3 | |
| `GB18030` | Национальный стандарт | Китайский | Нет | Нет | 1-4 | |
| `GBK` | Расширенный национальный стандарт | Упрощённые китайские иероглифы | Нет | Нет | 1-2 | `WIN936`, `Windows936` |

| Имя | Описание | Язык | Поддержка на сервере | ICU? | Байтов на символ | Псевдонимы |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 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 |
| 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 с европейскими языками и диалектами | 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 | |

| Имя | Описание | Язык | Поддержка на сервере | ICU? | Байтов на символ | Псевдонимы |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 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 | Центрально-европейские | Да | Да | 1 | |
| WIN1251 | Windows CP1251 | Кириллица | Да | Да | 1 | WIN |
| WIN1252 | Windows CP1252 | Западноевропейские | Да | Да | 1 | |
| 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 значения от 0 до 127 байт согласно кодировке ASCII, тогда как значения от 128 до 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 автоматическую перекодировку между сервером и клиентом для определённых комбинаций кодировок. Информация, касающаяся перекодировки, хранится в систем-

ном каталоге pg_conversion. PostgreSQL включает в себя некоторые предопределённые кодировки, как показано в Таблице 23.2. Есть возможность создать новую перекодировку при помощи SQL-команды CREATE CONVERSION.

**Таблица 23.2. 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 |
| 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 |

| Серверная кодировка | Доступные клиентские кодировки |
|---|---|
| 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 |

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. Что же касается сервера, не стоит использовать `SQL_ASCII`, если только вы не работаете с данными, которые полностью соответствуют ASCII.

## 23.3.4. 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`.

*http://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 ко-

манда 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 исключительной блокировки обрабатываемой таблицы 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 таблица может разрастись настолько, 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 исключительной блокировки. 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 удаляется, рассмотрите возможность использования TRUNCATE вместо DELETE с последующей командой 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.

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, по-

сколько 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.

## 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 наборах 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 пропада-

ют, 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 миллиардов 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 достигает 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 десяти миллионах транзакций от точки зацикливания:

```
ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ:  база данных "mydb" должна быть очищена (предельное число транзакций:
 177009986)
ПОДСКАЗКА:  Во избежание отключения базы данных выполните очистку (VACUUM) всей базы
 "mydb".
```

(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.

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. Количество устаревших кортежей получается от сборщика статистики; оно представляет собой приблизительное число, обновляемое после каждой операции UPDATE и DELETE. (Точность не гарантируется, потому что при большой нагрузке часть информации может быть утеряна.) 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.

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 Подразделу «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 потери пространства 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.

Команду REINDEX проста и безопасна для использования в любых случаях. Но так как она требует исключительной блокировки таблицы, часто предпочтительнее перестраивать индекс в несколько этапов, включающих создание и замену индекса. Типы индексов, которые поддерживает CREATE INDEX с указанием `CONCURRENTLY`, можно построить именно так. Если это удаётся и получен рабочий индекс, изначальный индекс можно заменить им, выполнив ALTER INDEX и DROP INDEX. Когда индекс используется для обеспечения уникальности или других ограничений, может потребоваться команда ALTER TABLE, чтобы поменять существующее ограничение на то, что обеспечивает новый индекс. Обстоятельно продумайте эту многоходовую процедуру, прежде чем выполнять её, так как не все индексы можно перестроить таким образом, и предусмотрите обработку ошибок.

# 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. Однако он 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. Для этого просто направьте 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
```

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. Общий вид команды для восстановления дампа:

```
psql 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`). 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 --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 -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 класте-

ра, 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 -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 1 мегабайту:

```
pg_dump имя_базы | split -b 1m - имя_файла
```

Восстановить их можно так:

```
cat имя_файла* | psql имя_базы
```

**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-сегменты* WAL, которые обычно имеют размер в 16 МиБ (хотя размер сегмента может быть изменён при сборке PostgreSQL). Файлы-сегменты 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 более не нужного файла-сегмента на больший. Предполагается, что файлы-сегменты, чьё содержимое 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 не работать 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 изме-

нения 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 неэффективному заполнению архива. 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 9.79.

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, чтобы изменить команду `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 `000000010000123400000055CD`, файл истории резервного копирования получит имя `000000010000123400000055CD.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 значения крайне важны для восстановления копии и должны записываться без изменений.

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

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. 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.

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.

   Заметьте, что в случае сбоя сервера во время резервного копирования для успешного его перезапуска может потребоваться вручную удалить файл `backup_label` из каталога `PGDATA`.

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 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.

### 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 фатальной 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 лег-

ко 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.

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. Создайте командный файл восстановления recovery.conf в каталоге кластера баз данных (см. Главу 27). Вы можете также временно изменить pg_hba.conf, чтобы обычные пользователи не могли подключаться, 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 переименует файл recovery.conf в recovery.done (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 файла конфигурации восстановления, описывающего, как будет выполняться восстановление и до какой точки. В качестве прототипа вы можете использовать файл recovery.conf.sample (он обычно помещается в каталог share/ после установки). Единственное, что совершенно необходимо указать в recovery.conf — 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 в `recovery.conf`. 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 ар-

хивов 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 при восстановлении восстанавливается та же линия времени, которая была текущей при создании базовой резервной копии. Если вы хотите восстановить состояние на какой-либо дочерней линии времени, (то есть, хотите вернуться к некоторому состоянию, которое тоже было получено в результате попытки восстановления), вам необходимо указать идентификатор целевой линии времени в `recovery.conf`. Восстановить состояние в 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 30.) Выключение снимков страниц не препятствует использованию журналов для восстановле-

ния 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). 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 31. 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 запросов в среднем слое

В схеме с репликацией запросов 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 быть посланы только на один сервер, 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 должно 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 главными серверами

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 главными 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 главными серверами

При синхронной репликации с несколькими главными 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 главными серверами 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.

Коммерческие решения

Так как PostgreSQL обладает открытым кодом 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.

Таблица 26.1 итоговая таблица возможностей различных решений приведена ниже.

**Таблица 26.1. Таблица свойств отказоустойчивости, балансировки нагрузки и репликации**

| Тип | Отказоустойчивость через разделяемые диски | Репликация файловой системы | Трансляция журнала предзаписи | Логическая репликация | Репликация главный-резервный на основе триггеров | Репликация запросов в среднем слое | Асинхронная репликация с несколькими главными серверами | Синхронная репликация с несколькими главными серверами |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Наиболее типичные реализации | NAS | DRBD | встроенная потоковая репликация | встроенная логическая репликация, pglogical | Londiste, Slony | pgpool-II | Bucardo | |

| **Тип** | **Отказоустойчивость через разделяемые диски** | **Репликация файловой системы** | **Трансляция журнала предзаписи** | **Логическая репликация** | **Репликация главный-резервный на основе триггеров** | **Репликация запросов в среднем слое** | **Асинхронная репликация с несколькими главными серверами** | **Синхронная репликация с несколькими главными серверами** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Метод взаимодействия | разделяемые диски | дисковые блоки | WAL | логическое декодирование | Строки таблицы | SQL | Строки таблицы | Строки таблицы и блокировки строк |
| Не требуется специального оборудования | | • | • | • | • | • | • | • |
| Допускается несколько главных серверов | | | | • | | • | • | • |
| Нет избыточности главного сервера | • | | • | • | | • | | |
| Нет задержки при нескольких серверах | • | | без синхр. | без синхр. | • | | • | |
| Отказ главного сервера не может привести к потере данных | • | • | с синхр. | с синхр. | | • | | • |
| Сервер реплики принимает читающие запросы | | | с горячим резервом | • | • | • | • | • |
| Репликация на уровне таблиц | | | | • | • | | • | • |

| Тип | Отказоустойчивость через разделяемые диски | Репликация файловой системы | Трансляция журнала предзаписи | Логическая репликация | Репликация главный-резервный на основе триггеров | Репликация запросов в среднем слое | Асинхронная репликация с несколькими главными серверами | Синхронная репликация с несколькими главными серверами |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 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 указанных выше решений позволяют обрабатывать несколько запросов на нескольких серверах, но ни один из них не может обрабатывать один запрос с применением нескольких серверов для уменьшения общего времени выполнения. Подобное решение позволяет нескольким серверам обрабатывать один запрос одновременно. Такое обычно достигается путём разделения данных между серверами, обработкой на сервере своей части запроса с возвратом результата на центральный сервер. Там данные проходят окончательную обработку и возвращаются пользователю. Pgpool-II предоставляет такую возможность. Так же это может быть реализовано с применением набора средств PL/Proxy.

# 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 и 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, 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 по-

следней 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 переключения его роли, вызванного файлом-триггером.

Режим резерва завершается и сервер переключается в обычный рабочий режим при получении команды pg_ctl promote или при обнаружении файла-триггера (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 команд восстановления recovery.conf в каталоге данных кластера резервного сервера и включить режим standby_mode. Задайте в restore_command обычную команду копирования файлов из архива WAL. Если планируется несколько резервных серверов в целях отказоустойчивости, установите для recovery_target_timeline значение latest, чтобы резервный сервер переходил на новую линию времени, образуемую при отработке отказа и переключении на другой сервер.

> **Примечание**
>
> Не используйте pg_standby или подобные средства со встроенным режимом резервного сервера, описанным здесь. 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 заполните primary_conninfo параметрами строки соединения для libpq, включая имя (или IP-адрес) сервера и все остальные необходимые данные для соединения с ведущим сервером. 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 в параметре archive_cleanup_command, которая удаляет файлы уже не нужные для дальнейшей работы резервного сервера. Утилита pg_archivecleanup разработана специально для использования в archive_cleanup_command при типичной конфигурации с одним резервным сервером (см.

pg_archivecleanup). Следует отметить, что если архив используется в целях резервирования, следует сохранять все файлы необходимые для восстановления как минимум с последней базовой резервной копии, даже если они не нужны для резервного сервера.

Простой пример `recovery.conf`:

```
standby_mode = 'on'
primary_conninfo = 'host=192.168.1.50 port=5432 user=foo password=foopass'
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_segments` 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 включить потоковую репликацию, сначала настройте резервный сервер на приём трансляции журналов, как описано в Разделе 26.2. Затем сделайте следующий шаг — переключите резервный сервер в режим репликации, установив в `primary_conninfo` в файле `recovery.conf` 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` на ведущем (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 процесс 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 ведущем от имени суперпользователя или пользователя с правом `REPLICATION`. Настоятельно рекомендуется создавать выделенного пользо-

вателя 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 пользователя для соединения и пароль указываются в файле recovery.conf. Пароль также может быть задан в файле ~/.pgpass на резервном сервере (указанном в определении с replication в поле *database*). Например, если ведущий принимает подключения по IP-адресу 192.168.1.50, через порт 5432, пользователя для репликации foo с паролем foopass, то администратор может добавить следующую строку в файл recovery.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. Наблюдение

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 9.79 и Таблице 9.80). Последняя полученная позиция WAL на резервном сервере также выводится в состоянии процесса-приёмника WAL, которое показывает команда ps (подробнее об этом в Разделе 28.1).

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.

## 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_segments, 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 слоты репликации оставляют только то количество сегментов, которое необходимо. Преимущество этих методов состоит в том, что они чётко задают объёмы места, необходимого для pg_wal; в то время как текущая реализация слотов репликации не предоставляет такой возможности.

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 9.26.6).

#### 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)
```

Для настройки резервного сервера на использование этого слота `primary_slot_name` должно быть настроено в конфигурации `recovery.conf` резервного. Вот простейший пример:

```
standby_mode = 'on'
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` установлен в значение `'latest'`.

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 увеличивает 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 резервных 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 сессии 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 последовательное 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, 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` или создайте файл-триггер с именем и путём, заданным в параметре `trigger_file` в файле `recovery.conf`. Если для переключения планируется использовать команду `pg_ctl promote`, указывать `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. В такой конфигурации режим `standby_mode` выключается, так как реализуется отдельный механизм слежения за данными, требующихся для резервного сервера. 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. Команда `restore_command` задаётся в файле `recovery.conf` на резервном сервере. Обычно процесс восстановления запрашивает файл из архива WAL, сообщая об ошибке в случае его недоступности. В работе резервного сервера недоступность очередного файла WAL является обычной ситуацией, поэтому 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` из файла `recovery.conf`, 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 9.26) 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 подготовительной фазе (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 о нахождении сессии в режиме только для чтения с помощью команды `SHOW transaction_read_only`. Кроме того, набор функций (Таблица 9.80) позволяет пользователям получить доступ к информации о резервном сервере. Это позволяет создавать программы, учитывающие текущий статус базы данных. Такой режим может быть полезен для мониторинга процесса восстановления или для написания комплексного восстановления для особенных случаев.

## 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 сессии 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 сессиями, 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 сессии 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 вся конфликтная сессия. Так же, если конфликт произошел при блокировке, вызванной транзакцией в состоянии IDLE, конфликтная сессия 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 распуханию 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 раз-

деления 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 для параметра hot_standby задано значение on (по умолчанию) и существует файл recovery.conf, 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 этих 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 не replica и не 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 равны или больше значений на ведущем. Если параметр имеет недостаточно большое значение, резервный сервер не сможет начать работу. Следует увеличить значение и повторить попытку восстановления ещё раз. Это касается следующих параметров:

- max_connections
- max_prepared_transactions
- max_locks_per_transaction
- 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) — например: `CREATE INDEX`
- Команды выдачи привилегий 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 активен фоновый процесс записи, он обрабатывает точки перезапуска (подобно контрольным точкам на ведущем сервере) и выполняет обычную очистку блоков. В том числе он может обновлять вспомогательные биты, сохранённые на резервном. 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. Конфигурация восстановления

Глава описывает параметры, задаваемые в файле `recovery.conf`. Они применяются лишь во время восстановления и должны заново устанавливаться перед каждым последующим восстановлением. После начала процесса они не могут быть изменены.

Параметры в файле `recovery.conf` указываются в формате `name = 'value'`. Каждый параметр должен располагаться на отдельной строке. Для строчного комментария используется хеш (`#`). Чтобы включить апостроф в значение параметра, продублируйте его (`''`).

Пример файла `share/recovery.conf.sample`, поставляемый в рамках дистрибутива, размещён в каталоге `share/`.

## 27.1. Параметры восстановления из архива

`restore_command` (`string`)

Команда оболочки ОС, которая выполняется для извлечения архивного сегмента 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 при копировании 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 необходимо хранить для возможности восстановления, и эту информацию можно использовать для усечения архива в целях его минимизации. `%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. У команды *будет* запрошен список имён файлов, которые отсутствуют 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.

`archive_cleanup_command` (`string`)

Этот необязательный параметр указывает команду оболочки ОС, которая будет вызываться при каждой точке перезапуска. Назначение команды `archive_cleanup_command` в том, чтобы предоставить механизм очистки от старых архивных файлов WAL, которые более не нужны на резервном сервере. Любое вхождение `%r` заменяется на имя файла, содержащего последнюю действительную точку восстановления. Это самый ранний файл, который необходимо *хранить* для возможности восстановления, а более старые файлы, чем `%r`, могут быть безболезненно удалены. 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 значения параметра `archive_cleanup_command` в конфигурациях с одним резервным сервером, например:

```
archive_cleanup_command = 'pg_archivecleanup /mnt/server/archivedir %r'
```

Стоит обратить внимание, что в конфигурациях с множеством резервных серверов, использующих общий архивный каталог для восстановления, необходимо контролировать удаление файлов WAL, так как для некоторых они ещё могут требоваться. Поэтому `archive_cleanup_command` обычно используется при организации тёплого резерва (см. Раздел 26.2). Для того чтобы указать символ `%` в команде, он пишется дважды `%%`.

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 фатальная ошибка.

`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.

Если команда вернёт ненулевой статус завершения, то в журнал будет записано предупреждающее сообщение, но при этом запуск сервера будет продолжен. За исключением случаев, когда команда прервана сигналом или при возникновения ошибки оболочки ОС (например, команда не найдена). В таких случаях база данных не будет запускаться.

# 27.2. Параметры управления восстановлением

По умолчанию процесс восстановления производится вплоть до окончания журнала WAL. Нижеуказанные параметры могут использоваться, чтобы остановить процесс восстановления в более ранней точке. Использоваться может только один из параметров `recovery_target`, `recovery_target_lsn`, `recovery_target_name`, `recovery_target_time` и `recovery_target_xid`; если в конфигурационном файле задано несколько параметров, будет использоваться последний.

`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. Точность этой точки останова также зависит от recovery_target_inclusive.

`recovery_target_xid` (`string`)

Параметр указывает идентификатор транзакции, вплоть до которой необходимо произвести процедуру восстановления. Имейте в виду, что несмотря на то, что при старте идентификаторы транзакций назначаются последовательно, завершаться они могут в ином порядке. Восстанавливаемые транзакции это те, 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. Данный 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 (true) либо до (false) 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 true.

recovery_target_timeline (string)

Указывает линию времени для восстановления. По умолчанию производится восстановление той же линии времени, которая была текущей в момент создания базовой резервной копии. Со значением latest восстанавливаться будет последняя линия времени, найденная в архиве, что полезно для резервного сервера. Иное значение параметра может потребоваться в более сложной ситуации повторного 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 9.81), 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 (и на самом деле ему придётся воспроизводить записи WAL после последней контрольной точки при следующем перезапуске).

Заметьте, что так как recovery.conf 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.conf вручную.

Этот параметр не действует, если цель восстановления не установлена. Если не включён режим hot_standby, значение pause действует так же, как и shutdown.

# 27.3. Параметры резервного сервера

standby_mode (boolean)

Указывает, является ли сервер PostgreSQL резервным или нет. Если параметр установлен в on, то сервер не прекратит восстановление по окончании последнего архивного файла WAL, а продолжит попытки извлечения новых сегментов WAL посредством команды restore_command и/или через подключение к ведущему, как указано в параметре primary_conninfo.

primary_conninfo (string)

Указывает строку подключения ведомого сервера к ведущему. Строка описана в формате согласно Подраздел 33.1.1. Вместо опущенных параметров подключения используются соответствующие переменные окружения (см. Раздел 33.14). Если же какие-то переменные не установлены, то используются значения по умолчанию.

Строка может содержать имя (или адрес) основного сервера и порт подключения. Также можно указать необходимого пользователя на ведущем сервере с требуемыми привилегиями (см. Под-

раздел 26.2.5.1). Если настроена аутентификация по паролю, то его также необходимо указать. Пароль можно указать как в строке подключения primary_conninfo, так и в файле ~/.pgpass ведомого сервера (в качестве имени базы данных используйте replication). Не указывайте имя базы данных среди параметров подключения primary_conninfo.

Этот параметр не действует, если standby_mode имеет значение off.

primary_slot_name (string)

Дополнительно задаёт заранее созданный слот, который будет использоваться при подключении к ведущему по протоколу потоковой репликации для управления освобождением ресурсов вышестоящего узла (см. Подраздел 26.2.6). Этот параметр не действует, если не указана строка подключения primary_conninfo.

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. Этот параметр не действует, если параметр standby_mode имеет значение off.

recovery_min_apply_delay (integer)

По умолчанию ведомый сервер восстанавливает записи WAL ведущего настолько быстро, насколько это возможно. Иногда полезно иметь возможность задать задержку при копировании данных, например, для устранения ошибок, связанных с потерей данных. Параметр позволяет задать эту задержку, указав период времени в миллисекундах (по умолчанию) или иных единицах измерения. 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.

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 превышают типичное расхождение 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 в любых случаях. 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.

# Глава 28. 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.

## 28.1. 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. Вот 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: writer
 process
postgres  15555  0.0  0.0  57536   916 ?        Ss   18:02   0:00 postgres:
 checkpointer process
postgres  15556  0.0  0.0  57536   916 ?        Ss   18:02   0:00 postgres: wal writer
 process
postgres  15557  0.0  0.0  58504  2244 ?        Ss   18:02   0:00 postgres: autovacuum
 launcher process
postgres  15558  0.0  0.0  17512  1068 ?        Ss   18:02   0:00 postgres: stats
 collector process
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 так же детали отображаемой информации зависят от платформы. Это пример для одной из последних Linux систем.) Первым здесь перечислен 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 обрабатывает одно клиентское подключение. Командная строка каждого такого процесса имеет следующий формат:

```
postgres: user database host activity
```

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 другая сессия, 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 сессий 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:
 writer process
...
```

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.

# 28.2. 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.

## 28.2.1. 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 сессиях. (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.

## 28.2.2. Просмотр статистики

Для просмотра текущего состояния системы предназначены несколько предопределённых представлений, которые перечислены в Таблице 28.1. В дополнение к ним есть несколько других представлений, перечисленных в Таблице 28.2, позволяющих просмотреть результаты сбора статистики. Кроме того, на базе нижележащих статистических функций можно создать собственные представления, как описано в Подразделе 28.2.3.

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 сессиях 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.

**Таблица 28.1. Динамические статистические представления**

| Имя представления | Описание |
|---|---|
| `pg_stat_activity` | Одна строка для каждого серверного процесса с информацией по текущей активности процесса, такой как состояние и текущий запрос. За подробностями обратитесь к pg_stat_activity. |

| Имя представления | Описание |
|---|---|
| pg_stat_replication | По одной строке для каждого процесса-передатчика WAL со статистикой по репликации на ведомом сервере, к которому подключён этот процесс. За подробностями обратитесь к pg_stat_replication. |
| pg_stat_wal_receiver | Только одна строка со статистикой приёмника WAL, полученной с сервера, на котором работает приёмник. За подробностями обратитесь к pg_stat_wal_receiver. |
| pg_stat_subscription | Как минимум одна строка для подписки, сообщающая о рабочих процессах подписки. За подробностями обратитесь к pg_stat_subscription. |
| pg_stat_ssl | Одна строка для каждого подключения (обычного и реплицирующего), в которой показывается информация об использовании SSL для данного подключения. За подробностями обратитесь к pg_stat_ssl. |
| pg_stat_progress_vacuum | По одной строке с текущим состоянием для каждого обслуживающего процесса (включая рабочие процессы автоочистки), в котором работает VACUUM. См. Подраздел 28.4.1. |

**Таблица 28.2. Представления собранной статистики**

| Имя представления | Описание |
|---|---|
| pg_stat_archiver | Только одна строка со статистикой о работе активности процесса архивации WAL. Более подробно смотрите pg_stat_archiver. |
| pg_stat_bgwriter | Только одна строка со статистикой о работе фонового процесса записи. Более подробно смотрите pg_stat_bgwriter. |
| pg_stat_database | Одна строка для каждой базы данных со статистикой на уровне базы. Более подробно смотрите 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. Более подробно смотрите 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. Более подробно смотрите 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* во- |

| Имя представления | Описание |
|---|---|
| | шли 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. Более подробно смотрите 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. |
| pg_statio_all_tables | По одной строке для каждой таблицы в текущей базе данных со статистикой по операциям ввода/вывода для этой таблицы. Более подробно смотрите 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. Более подробно смотрите 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 для этой последовательности. Более подробно смотрите 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.) |

| Имя представления | Описание |
|---|---|
| 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. Более подробно смотрите 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 ). |

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.

**Таблица 28.3. Представление pg_stat_activity**

| Столбец | Тип | 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 |
| 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. |

| Столбец | Тип | Описание |
|---|---|---|
| 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 серверным процессом, или -1, если используется сокет Unix |
| 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 | 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 имеет место; в противном случае — NULL. Возможные значения:<br>• LWLock: обслуживающий процесс ожидает лёгкую блокировку. Такие блокировки защищают определённые структуры данных в разделяемой памяти. В wait_event будет содержаться имя, отражающее цель получения лёгкой блокировки. (Некоторые блокировки имеют особые имена; другие объединяются в группы блокировок со схожим предназначением.)<br>• Lock: Обслуживающий процесс ожидает тяжёлую бло- |

| Столбец | Тип | Описание |
|---|---|---|
| | | кировку. 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, для расширения отношений. Тип ожидаемой блокировки показывается в `wait_event` .<br>• `BufferPin`: Серверный процесс ожидает доступа к буферу данных, когда никакой другой процесс не обращается к этому буферу. Ожидание закрепления буфера может растягиваться, если другой процесс удерживает открытый курсор, который читал данные из нужного буфера.<br>• `Activity`: Серверный процесс простаивает. Это состояние наблюдается в системных процессах, ожидающих активности в основном цикле обработки. В `wait_event` обозначается конкретное место ожидания.<br>• `Extension`: Серверный процесс ожидает активности в модуле расширения. Эта категория полезна при использовании модулей, она помогает отслеживать нестандартные места ожидания.<br>• `Client`: Серверный процесс ожидает в сокете некоторую активность пользовательского приложения, и события, ожидаемые сервером, не зависят от его внутренних процессов. В `wait_event` обозначается конкретное место ожидания.<br>• `IPC`: Серверный процесс ожидает некоторой активности другого процесса на сервере. В `wait_event` обо- |

| Столбец | Тип | Описание |
|---|---|---|
| | | значается конкретное место ожидания.<br>• `Timeout`: Серверный процесс ожидает истечения определённого времени. В `wait_event` обозначается конкретное место ожидания.<br>• `IO`: Серверный процесс ожидает завершения операции ввода/вывода. В `wait_event` обозначается конкретное место ожидания. |
| `wait_event` | `text` | Имя ожидаемого события, если обслуживающий процесс находится в состоянии ожидания, а в противном случае — NULL. За подробностями обратитесь к Таблице 28.4. |
| `state` | `text` | Общее текущее состояние этого серверного процесса. Возможные значения:<br>• `active`: серверный процесс выполняет запрос.<br>• `idle`: серверный процесс ожидает новой команды от клиента.<br>• `idle in transaction`: серверный процесс находится внутри транзакции, но в настоящее время не выполняет никакой запрос.<br>• `idle in transaction (aborted)` : Это состояние подобно `idle in transaction`, за исключением того, что один из операторов в транзакции вызывал ошибку.<br>• `fastpath function call`: серверный процесс выполняет fast-path функцию.<br>• `disabled`: Это состояние отображается для серверных процессов, у которых параметр track_activities отключён. |
| `backend_xid` | `xid` | Идентификатор верхнего уровня транзакции этого серверного процесса или любой другой. |

| Столбец | Тип | Описание |
|---|---|---|
| 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 символов; это число определяется параметром track_activity_query_size. |
| backend_type | text | Тип текущего серверного процесса. Возможные варианты: autovacuum launcher, autovacuum worker, background worker, background writer, client backend, checkpointer, startup, walreceiver, walsender и walwriter. |

В представлении pg_stat_activity для каждого серверного процесса будет присутствовать по одной строке с информацией, относящейся к текущей деятельности этого процесса.

## 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 содержит не NULL, это означает, что запрос выполняется, но заблокирован чем-то в системе.

**Таблица 28.4. Описание wait_event**

| Тип события ожидания | Название события ожидания | Описание |
|---|---|---|
| LWLock | ShmemIndexLock | Ожидание при поиске или выделении области в разделяемой памяти. |
| | OidGenLock | Ожидание при выделении или назначении OID. |
| | XidGenLock | Ожидание при выделении или назначении идентификатора транзакции. |
| | ProcArrayLock | Ожидание при получении снимка или очистке идентификатора транзакции в конце транзакции. |

| Тип события ожидания | Название события ожидания | Описание |
|---|---|---|
| | SInvalReadLock | Ожидание при получении или удалении из общей очереди сообщений аннулирования. |
| | SInvalWriteLock | Ожидание при добавлении в общую очередь сообщения аннулирования. |
| | WALBufMappingLock | Ожидание при замене страницы в буферах WAL. |
| | WALWriteLock | Ожидание при записи буферов WAL на диск. |
| | ControlFileLock | Ожидание при чтении или изменении управляющего файла либо при создании нового файла WAL. |
| | CheckpointLock | Ожидание при выполнении контрольной точки. |
| | CLogControlLock | Ожидание при чтении или изменении состояния транзакции. |
| | SubtransControlLock | Ожидание при чтении или изменении информации о подтранзакции. |
| | MultiXactGenLock | Ожидание при чтении или изменении общего состояния мультитранзакций. |
| | MultiXactOffsetControlLock | Ожидание при чтении или изменении смещений мультитранзакций. |
| | MultiXactMemberControlLock | Ожидание при чтении или изменении членов мультитранзакций. |
| | RelCacheInitLock | Ожидание при чтении или записи файла инициализации кеша отношения. |
| | CheckpointerCommLock | Ожидание при управлении запросами fsync. |
| | TwoPhaseStateLock | Ожидание при чтении или изменении состояния подготовленных транзакций. |
| | TablespaceCreateLock | Ожидание при создании или удалении табличного пространства. |
| | BtreeVacuumLock | Ожидание при чтении или изменении информации, связанной с очисткой, для индекса-B-дерева. |
| | AddinShmemInitLock | Ожидание при управлении выделением блоков в общей памяти. |

| Тип события ожидания | Название события ожидания | Описание |
|---|---|---|
| | AutovacuumLock | Ожидание в рабочем процессе или процедуре запуска автоочистки при изменении или чтении текущего состояния рабочих процессов автоочистки. |
| | AutovacuumScheduleLock | Ожидание при подтверждении, что таблица, выбранная для очистки, всё ещё нуждается в очистке. |
| | SyncScanLock | Ожидание при получении начального положения сканирования таблицы для синхронизированного сканирования. |
| | RelationMappingLock | Ожидание при изменении в файле сопоставления отношений, используемого для хранения связей файловых узлов с каталогом БД. |
| | AsyncCtlLock | Ожидание при чтении или изменении общего состояния уведомлений. |
| | AsyncQueueLock | Ожидание при чтении или изменении сообщений уведомлений. |
| | SerializableXactHashLock | Ожидание при получении или сохранении информации о сериализуемых транзакциях. |
| | SerializableFinishedListLock | Ожидание при обращении к списку завершённых сериализуемых транзакций. |
| | SerializablePredicateLockListLock | Ожидание при выполнении операции со списком блокировок, удерживаемых сериализуемыми транзакциями. |
| | OldSerXidLock | Ожидание при чтении или записи информации о конфликтующих сериализуемых транзакциях. |
| | SyncRepLock | Ожидание при чтении или изменении сведений о синхронных репликах. |
| | BackgroundWorkerLock | Ожидание при чтении или изменении состояния фонового рабочего процесса. |
| | DynamicSharedMemoryControlLock | Ожидание при чтении или изменении состояния динамической общей памяти. |
| | AutoFileLock | Ожидание при изменении файла `postgresql.auto.conf`. |

| Тип события ожидания | Название события ожидания | Описание |
|---|---|---|
| | ReplicationSlotAllocationLock | Ожидание при выделении или освобождении слота репликации. |
| | ReplicationSlotControlLock | Ожидание при чтении или изменении состояния слота репликации. |
| | CommitTsControlLock | Ожидание при чтении или изменении времени фиксирования транзакции. |
| | CommitTsLock | Ожидание при чтении или изменении последнего значения, заданного в качестве времени транзакции. |
| | ReplicationOriginLock | Ожидание при подготовке, удалении или использовании источника репликации. |
| | MultiXactTruncationLock | Ожидание при чтении или очистке информации мультитранзакций. |
| | OldSnapshotTimeMapLock | Ожидание при чтении или изменении информации о старом снимке. |
| | BackendRandomLock | Ожидание генерирования случайного числа. |
| | LogicalRepWorkerLock | Ожидание завершения действия процесса логической репликации. |
| | CLogTruncationLock | Ожидание выполнения функции txid_status или обновления самого старого видимого в ней идентификатора транзакции. |
| | clog | Ожидание при вводе/выводе с буфером clog (буфер состояния транзакций). |
| | commit_timestamp | Ожидание при вводе/выводе с буфером времени фиксирования транзакций. |
| | subtrans | Ожидание при вводе/выводе с буфером подтранзакций. |
| | multixact_offset | Ожидание при вводе/выводе с буфером смещений мультитранзакций. |
| | multixact_member | Ожидание при вводе/выводе с буфером multixact_member. |
| | async | Ожидание при вводе/выводе с буфером асинхронных сообщений (уведомлений). |

| Тип события ожидания | Название события ожидания | Описание |
|---|---|---|
| | oldserxid | Ожидание при вводе/выводе с буфером oldserxid. |
| | wal_insert | Ожидание при добавлении записей WAL в буфер в памяти. |
| | buffer_content | Ожидание при чтении или записи страницы данных в памяти. |
| | buffer_io | Ожидание при вводе/выводе, связанном со страницей данных. |
| | replication_origin | Ожидание при чтении или изменении состояния репликации. |
| | replication_slot_io | Ожидание при вводе/выводе со слотом репликации. |
| | proc | Ожидание при чтении или изменении информации о блокировках по быстрому пути. |
| | buffer_mapping | Ожидание при связывании блока данных с буфером в пуле буферов. |
| | lock_manager | Ожидание при добавлении или обращении к блокировкам обслуживающих процессов либо ожидание входа или выхода из группы блокировок (используется в параллельных запросах). |
| | predicate_lock_manager | Ожидание при добавлении или обращении к информации о предикатных блокировках. |
| | parallel_query_dsa | Ожидание блокировки выделения динамической общей памяти для параллельного запроса. |
| | tbm | Ожидание блокировки общего итератора TBM. |
| Lock | relation | Ожидание при запросе блокировки для отношения. |
| | extend | Ожидание при расширении отношения. |
| | page | Ожидание при запросе блокировки для страницы отношения. |
| | tuple | Ожидание при запросе блокировки для кортежа. |
| | transactionid | Ожидание завершения транзакции. |
| | virtualxid | Ожидание при запросе блокировки виртуального xid. |

| Тип события ожидания | Название события ожидания | Описание |
|---|---|---|
| | speculative token | Ожидание при запросе блокировки спекулятивного добавления. |
| | object | Ожидание при запросе блокировки для нереляционного объекта БД. |
| | userlock | Ожидание при запросе пользовательской блокировки. |
| | advisory | Ожидание при запросе рекомендательной пользовательской блокировки. |
| BufferPin | BufferPin | Ожидание при закреплении буфера. |
| Activity | 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 рабочего 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. |
| | RecoveryWalAll | Ожидание поступления WAL из любого источника (локального, архива или потока) при восстановлении. |
| | RecoveryWalStream | Ожидание поступления WAL из потока при восстановлении. |
| | 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. |

| Тип события ожидания | Название события ожидания | Описание |
|---|---|---|
| Client | ClientRead | Ожидание при чтении данных, получаемых от клиента. |
| | ClientWrite | Ожидание при записи данных, передаваемых клиенту. |
| | 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. |
| | 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. |
| Extension | Extension | Ожидание в расширении. |
| IPC | BgWorkerShutdown | Ожидание завершения фонового рабочего процесса. |
| | BgWorkerStartup | Ожидание запуска фонового рабочего процесса. |
| | BtreePage | Ожидание доступности номера страницы, необходимого для продолжения параллельного сканирования B-дерева. |
| | ExecuteGather | Ожидание активности дочернего процесса при выполнении узла Gather. |
| | LogicalSyncData | Ожидание от удалённого сервера логической репликации передачи данных для начальной синхронизации таблиц. |
| | LogicalSyncStateChange | Ожидание изменения состояния удалённого сервера логической репликации. |
| | 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. |

| Тип события ожидания | Название события ожидания | Описание |
|---|---|---|
| | MessageQueueSend | Ожидание передачи байтов в общую очередь сообщений. |
| | ParallelBitmapScan | Ожидание инициализации параллельного сканирования по битовой карте. |
| | ParallelFinish | Ожидание завершения вычислений параллельными рабочими процессами. |
| | ProcArrayGroupUpdate | Ожидание очистки ведущим группы идентификатора транзакции в конце транзакции. |
| | ReplicationOriginDrop | Ожидание перехода источника репликации в неактивное состояние для последующего удаления. |
| | ReplicationSlotDrop | Ожидание перехода слота репликации в неактивное состояние для последующего удаления. |
| | SafeSnapshot | Ожидание снимка для транзакции READ ONLY DEFERRABLE. |
| | SyncRep | Ожидание подтверждения от удалённого сервера при синхронной репликации. |
| Timeout | BaseBackupThrottle | Ожидание в процессе базового резервного копирования из-за ограничения активности. |
| | PgSleep | Ожидание в процессе, вызвавшем pg_sleep . |
| | RecoveryApplyDelay | Ожидание применения WAL при восстановлении из-за задержки. |
| IO | BufFileRead | Ожидание чтения из буферизованного файла. |
| | BufFileWrite | Ожидание записи в буферизованный файл. |
| | ControlFileRead | Ожидание чтения из управляющего файла. |
| | ControlFileSync | Ожидание помещения управляющего файла в надёжное хранилище. |
| | ControlFileSyncUpdate | Ожидание переноса изменений управляющего файла в надёжное хранилище. |
| | ControlFileWrite | Ожидание записи в управляющий файл. |
| | ControlFileWriteUpdate | Ожидание записи для изменения управляющего файла. |

| Тип события ожидания | Название события ожидания | Описание |
|---|---|---|
| | CopyFileRead | Ожидание чтения во время операции копирования файла. |
| | CopyFileWrite | Ожидание записи во время операции копирования файла. |
| | 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 отношений в надёжное хранилище. |
| | DataFileTruncate | Ожидание усечения файла данных отношения. |
| | DataFileWrite | Ожидание записи в файл данных отношения. |
| | DSMFillZeroWrite | Ожидание записи нулевых байт в файл, поддерживающий работу динамической общей памяти. |
| | LockFileAddToDataDirRead | Ожидание чтения при добавлении строки в файл блокировки каталога данных. |
| | 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. |

| Тип события ожидания | Название события ожидания | Описание |
|---|---|---|
| | 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. |
| | 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. |
| | ReplicationSlotWrite | Ожидание записи в управляющий файл слота репликации. |
| | SLRUFlushSync | Ожидание помещения данных SLRU в надёжное хранилище во время контрольной точки или отключения базы данных. |

| Тип события ожидания | Название события ожидания | Описание |
|---|---|---|
| | 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. |

| Тип события ожидания | Название события ожидания | Описание |
|---|---|---|
| | 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. |
| | 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. |
| | WALSyncMethodAssign | Ожидание помещения данных в надёжное хранилище при смене метода синхронизации WAL. |
| | WALWrite | Ожидание записи в файл WAL. |

## Примечание

Для траншей, регистрируемых расширениями, в поле wait_event выводится имя, указываемое расширением. Пользователь вполне может зарегистрировать транш и в обслуживающем процессе (воспользовавшись динамической общей памятью), в результате чего другие процессы не получат доступа к этой информации; в таких случаях в этом поле выводится extension.

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          | ProcArrayLock
(2 rows)
```

**Таблица 28.5. Представление pg_stat_replication**

| Столбец | Тип | Описание |
|---|---|---|
| pid | integer | Идентификатор процесса-передатчика WAL |
| usesysid | oid | OID пользователя, подключённого к этому процессу-передатчику WAL |

| Столбец | Тип | Описание |
|---|---|---|
| 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:<br>• startup: Передатчик WAL запускается.<br>• catchup: Подключённый к этому передатчику WAL ведомый сервер догоняет ведущий.<br>• streaming: Передатчик WAL транслирует изменения после того, как подключённый к нему ведомый сервер нагнал ведущий.<br>• backup: Передатчик WAL передаёт резервную копию.<br>• stopping: Передатчик WAL останавливается. |

| Столбец | Тип | Описание |
|---|---|---|
| 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 | 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. |

| Столбец | Тип | Описание |
|---|---|---|
| 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:<br>• async: Этот ведомый сервер является асинхронным.<br>• potential: Этот ведомый сервер сейчас является асинхронным, но может стать синхронным в случае отказа одного из текущих синхронных серверов.<br>• sync: Этот ведомый сервер является синхронным.<br>• quorum: Этот ведомый сервер считается кандитатом на участие в кворуме. |

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.

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.

**Таблица 28.6. Представление `pg_stat_wal_receiver`**

| Столбец | Тип | 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 |
| `received_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 |
| `conninfo` | `text` | Строка подключения, используемая этим приёмником WAL ( секретные поля в ней скрыты). |

Представление `pg_stat_wal_receiver` будет иметь только одну строку со статистикой приёмника WAL от сервера, на котором работает приёмник.

**Таблица 28.7. Представление `pg_stat_subscription`**

| Столбец | Тип | Описание |
|---|---|---|
| subid | oid | OID подписки |
| subname | text | 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 |

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 28.8. Представление `pg_stat_ssl`**

| Столбец | Тип | Описание |
|---|---|---|
| pid | integer | 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, |

| Столбец | Тип | Описание |
|---|---|---|
| | | либо NULL, если SSL для этого подключения не используется |
| clientdn | 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 поле DN оказывается длиннее NAMEDATALEN символов (64 символа в стандартной сборке) |

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 28.9. Представление pg_stat_archiver**

| Столбец | Тип | 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 |

Представление pg_stat_archiver всегда будет иметь одну строку, содержащую данные о текущем состоянии процесса архивации кластера.

**Таблица 28.10. Представление pg_stat_bgwriter**

| Столбец | Тип | 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 |

| Столбец | Тип | Описание |
|---|---|---|
| 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 |
| 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 |

В представлении pg_stat_bgwriter всегда будет только одна строка, в которой будут представлены общие данные по всему кластеру.

**Таблица 28.11. Представление pg_stat_database**

| Столбец | Тип | Описание |
|---|---|---|
| datid | oid | OID базы данных |
| datname | name | Имя базы данных |
| numbackends | integer | Количество серверных процессов, в настоящее время подключённых к этой базе данных. Это единственный столбец в этом 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 |

| Столбец | Тип | Описание |
|---|---|---|
| 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 | Количество запросов, отменённых из-за конфликта с восстановлением в этой базе данных. (Конфликты происходят только на ведомых серверах; более подробно смотрите 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 |

| Столбец | Тип | Описание |
|---|---|---|
| blk_read_time | double precision | Время, затраченное серверными процессами в этой базе данных, на чтение блоков из файлов данных, в миллисекундах |
| blk_write_time | double precision | Время, затраченное серверными процессами в этой базе данных, на запись блоков в файлы данных, в миллисекундах |
| stats_reset | timestamp with time zone | Последнее время сброса этих статистических данных |

Представление pg_stat_database содержит одну строку со статистикой на каждую базу данных кластера.

**Таблица 28.12. Представление pg_stat_database_conflicts**

| Столбец | Тип | 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 | 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 |

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 28.13. Представление pg_stat_all_tables**

| Столбец | Тип | Описание |
|---|---|---|
| relid | oid | OID таблицы |
| schemaname | name | Имя схемы, в которой расположена эта таблица |
| relname | name | Имя таблицы |
| seq_scan | bigint | Количество последовательных чтений, запущенных по этой таблице |

| Столбец | Тип | Описание |
|---|---|---|
| seq_tup_read | bigint | Количество "живых" строк, прочитанных при последовательных чтениях |
| idx_scan | bigint | Количество сканирований по индексу, запущенных по 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 | Оценочное число строк, изменённых в этой таблице, с момента последнего сбора статистики |
| 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 |

| Столбец | Тип | Описание |
|---|---|---|
| | | фоновым процессом автоочистки |

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 28.14. Представление pg_stat_all_indexes**

| Столбец | Тип | 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 запущенных сканирований по этому индексу |
| idx_tup_read | bigint | Количество элементов индекса, возвращённых при сканированиях по этому индексу |
| idx_tup_fetch | bigint | Количество живых строк таблицы, отобранных при простых сканированиях по этому индексу |

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.

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 незафиксированные строки будут извлекаться с использованием индекса или если для получения строк таблицы будет использоваться сканирование только по индексу.

**Таблица 28.15. Представление pg_statio_all_tables**

| Столбец | Тип | 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 |
| 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 |

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 28.16. Представление pg_statio_all_indexes**

| Столбец | Тип | 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 |

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. Представле-

ния 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 28.17. Представление pg_statio_all_sequences**

| Столбец | Тип | Описание |
|---|---|---|
| relid | oid | OID последовательности |
| schemaname | name | Имя схемы, в которой расположена эта последовательность |
| relname | name | Имя последовательности |
| blks_read | bigint | Количество дисковых блоков, прочитанных из этой последовательности |
| blks_hit | bigint | Число попаданий в буфер в этой последовательности |

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 28.18. Представление pg_stat_user_functions**

| Столбец | Тип | 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 |

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.

## 28.2.3. 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 28.19.

**Таблица 28.19. Дополнительные статистические функции**

| Функция | Тип результата | Описание |
|---|---|---|
| pg_backend_pid() | integer | Идентификатор серверного процесса, выполняющего текущую сессию |
| pg_stat_get_activity ( integer) | setof record | Возвращает запись с информацией о серверном процессе с заданным PID или по одной строке для каждого активного серверного процесса в системе, если был указан NULL. Возвращаемые поля являются подмножеством столбцов представления pg_stat_activity . |
| pg_stat_get_snapshot_ timestamp() | timestamp with time zone | Возвращает время снимка текущей статистики |
| pg_stat_clear_snapshot() | void | Сбросить текущий снимок статистики |
| pg_stat_reset() | void | Сбросить в ноль все статистические счётчики в текущей базе данных (по умолчанию разрешено только суперпользователям, но право выполнения ( EXECUTE) этой функции можно дать и другим) |
| pg_stat_reset_shared ( text) | void | Сбросить в ноль некоторые статистические счётчики на уровне кластера, в зависимости от заданного аргумента (по умолчанию разрешено только суперпользователям, но право выполнения (EXECUTE) этой функции можно дать и другим). Вызов pg_stat_reset_ shared('bgwriter') сбросит в ноль все счётчики, которые показываются в представлении pg_stat_bgwriter , а вызов pg_stat_reset_shared( 'archiver') — все счётчики в представлении pg_stat_ archiver . |
| pg_stat_reset_single_ table_counters (oid) | void | Сбросить в ноль статистику по отдельной таблице или индексу в текущей базе данных (по умолчанию разрешено только суперпользователям, но право выполнения (EXECUTE) этой функции можно дать и другим) |
| pg_stat_reset_single_ function_counters (oid) | void | Сбросить в ноль статистику по отдельной функции в текущей базе данных (по умолчанию раз- |

| Функция | Тип результата | Описание |
|---|---|---|
| | | решено только суперпользователям, но право выполнения ( EXECUTE) этой функции можно дать и другим) |

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 28.20. 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 28.20. Статистические функции на уровне серверных процессов**

| Функция | Тип результата | Описание |
|---|---|---|
| pg_stat_get_backend_idset() | setof integer | Набор значений идентификаторов активных в настоящий момент серверных процессов (от 1 до числа активных серверных процессов) |
| pg_stat_get_backend_activity(integer) | text | Текст последнего запроса этого серверного процесса |
| pg_stat_get_backend_activity_start(integer) | timestamp with time zone | Время запуска последнего запроса |
| pg_stat_get_backend_client_addr(integer) | inet | IP-адрес клиента, подключённого к этому серверному процессу |
| pg_stat_get_backend_client_port(integer) | integer | Номер TCP-порта, который клиент использует для взаимодействия |
| pg_stat_get_backend_dbid(integer) | oid | OID базы данных, к которой подключён этот серверный процесс |
| pg_stat_get_backend_pid(integer) | integer | Идентификатор процесса этого серверного процесса |
| pg_stat_get_backend_start(integer) | timestamp with time zone | Время запуска этого процесса |
| pg_stat_get_backend_userid(integer) | oid | OID пользователя, подключённого к этому серверному процессу |
| pg_stat_get_backend_wait_event_type(integer) | text | Имя типа ожидаемого события, если обслуживающий процесс находится в состоянии ожидания, а в противном случае — NULL. За подробностями обратитесь к Таблице 28.4. |
| pg_stat_get_backend_wait_event(integer) | text | Имя ожидаемого события, если обслуживающий процесс на- |

| Функция | Тип результата | Описание |
|---|---|---|
| | | ходится в состоянии ожидания, а в противном случае — NULL. За подробностями обратитесь к Таблице 28.4. |
| pg_stat_get_backend_xact_start(integer) | timestamp with time zone | Время начала текущей транзакции |

# 28.3. 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 определённая сессия 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.

# 28.4. Отслеживание выполнения

PostgreSQL имеет возможность отслеживать выполнение определённых команд. В настоящее время такое отслеживание поддерживает только команда VACUUM, но в будущем сфера его применения может быть расширена.

## 28.4.1. Отслеживание выполнения VACUUM

Во время выполнения VACUUM представление pg_stat_progress_vacuum будет содержать по одной строке для каждого обслуживающего процесса (включая рабочие процессы автоочистки), производящего очистку. Таблицы ниже показывают, какая информация будет отслеживаться, и рассказывают, как её интерпретировать. В настоящее время отслеживание выполнения не поддерживается для команды VACUUM FULL, так что процессы, выполняющие VACUUM FULL, не будут видны в этом представлении.

**Таблица 28.21. Представление pg_stat_progress_vacuum**

| Столбец | Тип | 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 28.22. |
| heap_blks_total | bigint | Общее число блоков кучи в таблице. Это число отражает состояние в начале сканирова- |

| Столбец | Тип | Описание |
|---|---|---|
| | | ния; 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 28.22. 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 |

| Фаза | Описание |
|---|---|
| | 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 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. |
| 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. |

# 28.5. 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.

## 28.5.1. 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.

## 28.5.2. Встроенные точки трассировки

В исходный код входит несколько стандартных точек трассировки, которые представлены в Таблице 28.23; в Таблице 28.24 показаны типы данных, которые используются для этих точек. Конечно,

для более детального отслеживания работы PostgreSQL можно добавлять и другие точки трассировки.

**Таблица 28.23. 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 |

| Имя | Параметры | Описание |
|---|---|---|
| | | контрольных точек, такие как shutdown, immediate или force. |
| checkpoint-done | (int, int, int, int, int) | Срабатывает по завершении контрольной точки. (Перечисленные 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 контроль- |

| Имя | Параметры | Описание |
|---|---|---|
| | | ных 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. |
| 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 OID-ы табличного пространства, базы данных и отношения, которые однозначно идентифицируют от- |

| Имя | Параметры | Описание |
|---|---|---|
| | | ношение. 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 расширение места для таблицы). arg2, arg3 и arg4 содержат OID-ы 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 OID-ы 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 необходи- |

| Имя | Параметры | Описание |
|---|---|---|
| | | мо откорректировать управляющие параметры процесса фоновой записи.) arg0 и arg1 содержат номер слоя и блока этой страницы. arg2, arg3 и arg4 содержат OID-ы 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 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 and arg1 содержат номер слоя и номер блока этой страницы. arg2, arg3 и arg4 содержат OID-ы 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 OID-ы табличного пространства, базы данных и отношения, которые однозначно идентифицируют отношение. arg5 для локально- |

| Имя | Параметры | Описание |
|---|---|---|
| | | го 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 OID-ы 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-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 OID-ы 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)` | 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. |

| Имя | Параметры | Описание |
|---|---|---|
| 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. |
| 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). |

| Имя | Параметры | Описание |
|---|---|---|
| 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 28.24. Предопределённые типы, используемые в параметрах точек трассировки**

| Тип | Определение |
|---|---|
| LocalTransactionId | unsigned int |
| LWLockMode | int |
| LOCKMODE | int |
| BlockNumber | unsigned int |
| Oid | unsigned int |
| ForkNumber | int |
| bool | char |

## 28.5.3. 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.

## 28.5.4. 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 29. Мониторинг использования диска

В данной главе обсуждается как отслеживать использование дискового пространства в СУБД PostgreSQL.

## 29.1. 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 66.2). 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 66.1.

Вы можете осуществлять мониторинг дискового пространства тремя способами: используя SQL-функции, перечисленные в Таблице 9.84, 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 8kb. (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_indexdex |       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
```

# 29.2. Ошибка переполнения диска

Наиболее важной задачей мониторинга диска для администратора баз данных состоит в том, чтобы иметь уверенность в наличии свободного места на диске. Если диск полон, это не приведёт к повреждению данных, но может не давать выполняться некоторым полезным действиям. Если переполнится диск, который содержит файлы WAL, то сервер СУБД может аварийно завершить свою работу.

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 Раздел 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 30. Надёжность и журнал предзаписи

В данной главе рассказывается, как для обеспечения эффективной и надёжной работы используется журнал предзаписи.

## 30.1. 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 `atacontrol`, 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. С помощью этого, во время восстановления после краха, PostgreSQL может восстановить из WAL страницы, которые записаны частично. Если у вас файловая система, которая защищена от частичной записи страниц (например, ZFS), вы можете выключить работу с образами страниц, выключив параметр 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 (8kB) 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-32 (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-32.
- 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.

# 30.2. 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 онлайнового резервного копирования 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.

# 30.3. 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.

# 30.4. 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 контрольной точки, все страницы данных, находящиеся в памяти, сохраняются на диск, а в файл журнала записывается специальная запись контрольной точки. (Сделанные изменения были перед этим записаны в файлы WAL.) В случае краха 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 перед этой точкой гарантированно находятся уже на диске. Таким образом, после контрольной точки, сегменты журнала, которые предшествуют записи воспроизведения, больше не нужны и могут быть удалены или пущены в циклическую перезапись. (Когда архивирование WAL будет завершено, сегменты журнала должны быть архивированы перед их удалением или циклической перезаписи.)

Запись всех 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 настраи-

вать 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 краха (поскольку для воспроизведения нужно меньше данных), но с другой стороны нужно учитывать дополнительную нагрузку, возникающую вследствие более частого сброса изменённых 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 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 контрольные точки 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 параметром 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 вы не установили max_wal_size 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 ожида-

емой 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`, в количестве wal_keep_segments + 1 самые последние файлы WAL сохраняются в любом случае. Так же, 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 КБ. 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 все 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) будет приводить к тому, что все вызовы связанных с WAL функций XLogInsertRecord и XLogFlush будут протоколироваться в журнале сервера. В будущем данный параметр может быть заменён более общим механизмом.

## 30.5. 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 30.4).

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 каталоге pg_wal, который находится в каталоге data, в виде списка файлов сегментов, обычно 16MB каждый (этот размер может быть изменён с помощью указания configure --with-wal-segsize во время компиляции сервера). Каждый файл сегмента разделяется на страницы, обычно по 8KB каждая (данный размер может быть изменён с помощью указания configure --with-wal-blocksize). Заголовки записи 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 `000000010000000000000000` и увеличиваются автоматически. Эти номера не должны зацикливаться, но для использования доступных номеров потребуется очень, очень много времени.

Выгодно 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 символьную 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 30.1.)

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 31. 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.

## 31.1. 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` и `DELETE`, подобно тому как триггеры могут срабатывать для разных типов событий. 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 измене-

ния 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.

# 31.2. 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.

### 31.2.1. Управление слотами репликации

Как было сказано ранее, каждая (активная) подписка получает изменения из слота репликации на удалённой стороне (стороне публикации). Обычно удалённый слот репликации создаётся автоматически, когда подписка создаётся командой `CREATE SUBSCRIPTION`, и удаляется автоматически, когда она удаляется 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.
- Про создании подписки удалённый узел может быть недоступен или находиться в нерабочем состоянии. В этом случае подписку можно создать с указанием `connect = false`. При этом подключение к удалённому узлу не будет устанавливаться. Этот вариант использует pg_dump. Чтобы активировать такую подписку впоследствии, удалённый 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 удалённый узел может быть недоступен. В этом случае разорвите связь подписки со слотом, используя команду `ALTER SUBSCRIPTION`, прежде чем пытаться удалять подписку. Если удалённый экземпляр базы данных прекратил существование, больше никакие действия не требуются. Если же экземпляр удалённой базы данных 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.

## 31.3. 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`.

## 31.4. 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.
- Команды `TRUNCATE` не реплицируются. Разумеется, это можно обойти, выполняя вместо них команды `DELETE`. Чтобы предотвратить случайное выполнение `TRUNCATE`, вы можете отозвать право `TRUNCATE` для реплицируемых таблиц.
- Большие объекты (см. Главу 34) не реплицируются. Это ограничение нельзя обойти никак, кроме как хранить данные в обычных таблицах.
- Реплицировать данные возможно только из базовых таблиц в базовые таблицы. То есть таблицы на стороне публикации и на стороне подписки должны быть обычными, а не представлениями, мат. представлениями, секционированными или сторонними таблицами. Это означает, что вы можете реплицировать секции одну в одну, но реплицировать данные в таблицы, секционированные по-другому, нельзя. При попытке реплицировать таблицы, отличные от базовых, будет выдана ошибка.

## 31.5. 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 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`, что влечёт соответствующие эффекты для триггеров и ограничений.

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.

### 31.5.1. 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.

## 31.6. 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.

## 31.7. Безопасность

Роль, используемая для подключения репликации, должна иметь атрибут `REPLICATION` (или быть суперпользователем). 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.

## 31.8. 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. В данном случае он должен быть не меньше числа подписок, на которые будет подписываться данный подписчик. В max_logical_replication_workers необходимо установить минимум число 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.

# 31.9. 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 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 115 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 в месте, где уже установлена предыдущая версия PostgreSQL, и вы выполняете `make check` до инсталляции новой версии, вы можете столкнуться с тем, что тестирование завершится со сбоем, поскольку новая программа будет пытаться использовать уже установленные общие библиотеки. (Типичные симптомы - жалобы на неопределённые символы.) Если вы хотите провести тестирование до перезаписи старой инсталляции, вам необходимо проводить построение 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 параллелизма 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 кластер баз 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 случайные объекты общие для кластера, такие как роли и пользователи. Имена этих объектов будут начинаться с `regress_`. Опасайтесь использования режима `installcheck` там, где пользователи или табличные пространства могут иметь такие имена.

### 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 также содержит другие комплекты 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 сервер 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` выстраивает отдельное дерево временной инсталляции для каждого тестируемого модуля, а это требует гораздо больше времени и дискового пространства, нежели команда `make installcheck-world`.

В качестве альтернативного пути можно запустить индивидуальный набор 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 (отличных от PL/pgSQL, который тестируется в рамках основного тестирования). 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 библиотеки ECPG, расположенные в `src/interfaces/ecpg/test`.
- Тесты для нагрузочного тестирования параллельных сеансов, расположенные в `src/test/isolation`.
- Тесты клиентских программ из `src/bin`. См. также Раздел 32.4.

При использовании режима `installcheck` эти тесты удалят все существующие базы данных с именами `pl_regression`, `contrib_regression`, `isolation_regression`, `ecpg1_regression`, `ecpg2_regression`, а также `regression`.

Тесты TAP выполняются, только когда PostgreSQL был сконфигурирован с ключом `--enable-tap-tests`. Это рекомендуется для разработки, но если подходящей инсталляции Perl нет, этот ключ можно опустить.

## 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
```

Запустить тесты сортировки:

```
make check EXTRA_TESTS='collate.linux.utf8 collate.icu.utf8' LANG=en_US.utf8
```

Тест `collate.linux.utf8` работает только на платформах Linux/glibc. Тест `collate.icu.utf8` работает только в сборках с поддержкой ICU. Оба теста будут выполнены успешно только в базе данных с кодировкой UTF-8.

## 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 запятой 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 нравится используемая по умолчанию команда `diff`, установите переменную среды `PG_REGRESS_DIFF_OPTS`, например `PG_REGRESS_DIFF_OPTS='-u'`. (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 `PST8PDT` (Беркли, Калифорния), поэтому если проводить тесты не с этим часовым поясом, проявятся мнимые ошибки. Драйвер регрессионного теста задаёт переменную среды `PGTZ` как `PST8PDT`, что позволяет получить корректный результат.

## 32.2.4. Разница в числах с плавающей запятой

Некоторые тесты применяют 64-битное вычисление чисел с плавающей запятой (`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, некоторые системы интерпретируют очень маленькие числа с плавающей запятой как ноль, а не как ошибку потери значимости. Это приводит к расхождениям в регрессионных тестах

для float8. Поэтому мы предлагаем вариант сравнительного файла float8-small-is-zero.out, который включает в себя результат, ожидаемый для таких систем. Чтобы замаскировать сообщение о ложном «сбое» на платформе OpenBSD, файл resultmap включает в себя:

```
float8:out:i.86-.*-openbsd=float8-small-is-zero.out
```

который сработает на любой машине, где выходное значение config.guess соответствует i.86-.*-openbsd. Другие строки в resultmap выбирают вариант сравнительного файла для других платформ, если это целесообразно.

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. Тесты TAP

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.

Тесты на базе TAP требуют модуля Perl IPC::Run. Этот модуль доступен из CPAN или операционной системы.

## 32.5. Проверка покрытия теста

Исходный код PostgreSQL может быть скомпилирован с инструментарием для теста покрытия, так что можно проверить, какие части кода покрывает регрессионное тестирование или любое другое тестирование, запускаемое относительно кода. В настоящее время эта возможность поддерживается в сочетании с компиляцией с GCC и требует наличия gcov и lcov программ.

Типичный рабочий процесс выглядит так:

```
./configure --enable-coverage ... OTHER OPTIONS ...
make
make check # или другой комплект тестов
make coverage-html
```

Затем откройте в своём HTML-браузере страницу coverage/index.html. Команды make работают и в подкаталогах.

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 включены короткие программы (Раздел 33.21), показывающие, как писать программы, которые используют libpq. 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 функций `PQconnectdb`, `PQconnectdbParams` или `PQsetdbLogin`. Обратите внимание, что эти функции всегда возвратят ненулевой указатель на объект, если только, возможно, не осталось слишком мало памяти даже для того, чтобы выделить её 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.

### Примечание

В системе Windows существует способ повышения производительности, при котором единственное соединение с базой данных повторно стартует и останавливается. На

> внутреннем уровне libpq вызывает `WSAStartup()` и `WSACleanup()` для старта и остановки соединения соответственно. `WSAStartup()` увеличивает на единицу внутренний счётчик ссылок в библиотеке Windows, который уменьшается на единицу при вызове `WSACleanup()`. Когда счётчик ссылок равен единице, вызов `WSACleanup()` освобождает все ресурсы, и все библиотеки DLL выгружаются. Это дорогостоящая операция. Для её избежания приложение может "вручную" вызвать `WSAStartup()`, чтобы ресурсы не были освобождены, когда закрыто последнее соединение с базой данных.

`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 `PQsetdbLogin`, описываемой ниже, набор параметров может быть расширен без изменения сигнатуры функции, поэтому использование данной функции (или её неблокирующих аналогов `PQconnectStartParams` и `PQconnectPoll`) является предпочтительным при разработке новых приложений.

Ключевые слова-параметры, распознаваемые в настоящее время, приведены в Подразделе 33.1.2.

Когда `expand_dbname` имеет ненулевое значение, тогда в качестве значения, соответствующего ключевому слову *dbname*, может быть указана строка подключения. Только первый экземпляр *dbname* расширяется таким образом, а все последующие значения *dbname* будут обработаны как обычные имена базы данных. Дополнительные сведения о возможных форматах строки подключения можно найти в Подразделе 33.1.1.

Передаваемые массивы могут быть пустыми. В этом случае используются все параметры по умолчанию. Массивы могут также содержать один или более элементов и должны быть согласованы по длине. Обработка прекращается, когда найден первый элемент со значением `NULL` в массиве `keywords`.

Если какой-либо параметр имеет значение `NULL` или содержит пустую строку, проверяется значение соответствующей переменной окружения (см. Раздел 33.14). Если и переменная окружения не установлена, используется встроенное значение по умолчанию.

В общем случае ключевые слова обрабатываются в индексном порядке, начиная с начала этих массивов. Вследствие такого подхода, когда ключевые слова повторяются, сохраняется последнее обработанное значение. Следовательно, за счёт соответствующего расположения ключевого слова *dbname* можно регулировать, что может быть переопределено строкой *conninfo*, а что не может.

`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 непереданные 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 затем 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 в 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, обеспечьте, 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 если 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 не последует или окажется неуспешной.

`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 сервисный файл будет молча проигнорирован. Вызывающие функции должны рассматривать данные параметров по умолчанию как "только для чтения".

После обработки массива параметров освободите память, передав его функции `PQconninfoFree`. Если этого не делать, то при каждом вызове функции `PQconndefaults` будут происходить небольшие "утечки" 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, тогда некоторое количество памяти будет утекать при каждом вызове `PQconninfoParse`. И наоборот, если произошла ошибка и `errmsg` не равно `NULL`, обязательно освободите память, занимаемую строкой сообщения об ошибке, используя `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 па-

мять, 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 восстановить подключение к тому же серверу, используя все те же параметры, которые использовались прежде. Это может быть полезным для восстановления после ошибки, если работающее соединение оказалось потерянным.

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 восстановить подключение к тому же серверу, 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 приступить к переустановке подключения, вызовите PQresetStart. Если она возвратит 0, переустановка завершилась неудачно. Если она возвратит 1, опросите результат переустановки, используя PQresetPoll, точно таким же образом, как если бы вы создавали подключение, используя PQconnectPoll.

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. Однако, если предоставлены некорректные значения, сервер занесёт в журнал 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. Однако, если предоставлены некорректные значения, сервер занесёт в журнал неудачную попытку подключения.

```
PGPing PQping(const char *conninfo);
```

Возвращаемые значения такие же, как и для `PQpingParams`.

## 33.1.1. Строки параметров подключения

Ряд функций libpq разбирают заданную пользователем строку для извлечения параметров подключения. Есть два принятых формата этих строк: простой `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 первому формату, установка каждого параметра выполняется в форме `keyword = value`. 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

Общая форма URI для подключения такова:

```
postgresql://[user[:password]@][netloc][:port][,...][/dbname][?param1=value1&...]
```

В качестве обозначения схемы URI может использоваться либо `postgresql://`, либо `postgres://`. Каждая из частей URI является необязательной. В следующих примерах показано правильное использование синтаксиса 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
```

Компоненты иерархической части URI можно также передавать в виде параметров. Например:

```
postgresql:///mydb?host=localhost&port=5433
```

Для включения символов, имеющих специальное значение, в любой части URI можно применять URL-кодирование (с использованием %), например заменить = на `%3D`.

Любые параметры соединения, не соответствующие ключевым словам, приведённым в Подразделе 33.1.2, игнорируются, а предупреждающее сообщение об этом направляется на `stderr`.

Для улучшения совместимости с теми URI, которые служат для подключения через JDBC, все экземпляры параметра `ssl=true` преобразуются в `sslmode=require`.

Сервер можно представить либо доменным именем, либо IP-адресом. При использовании протокола IPv6 нужно заключить адрес в квадратные скобки:

```
postgresql://[2001:db8::1234]/database
```

Компонент "host" интерпретируется в соответствии с описанием параметра host. В частности, если этот компонент пуст или начинается с символа косой черты, выбирается соединение через Unix-сокеты, а в противном случае инициируется соединение по TCP/IP. Обратите внимание, 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 сервер в URI и указать сервер в качестве параметра, либо закодировать путь в компоненте "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`. 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 список 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 компьютера для подключения.Если это имя начинается с косой черты, оно выбирает подключение через Unix-сокет, а не через TCP/IP, и задаёт имя каталога, содержащего файл сокета. 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 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 компьютера 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 эти адреса. Связь по протоколу TCP/IP используется всегда, когда в качестве этого параметра передана непустая строка.

Использование `hostaddr` вместо `host` позволяет приложению избежать поиска на сервере имён, что может быть важно для приложений, имеющих ограничения по времени. Однако имя компьютера 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 компьютера.
- 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 компьютера.

Заметьте, что аутентификация может завершится 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 компьютера, ни его адрес, libpq будет производить подключение, используя локальный Unix-сокет; 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.)

`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 систе-

мах, воспринимающих параметр сокета TCP_KEEPIDLE или равнозначный, и в Windows; в других системах он не оказывает влияния.

keepalives_interval

Управляет количеством 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

Управляет количеством 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.

tty

Игнорируется (прежде он указывал, куда направить вывод отладочных сообщений сервера).

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.

`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 (по умолчанию), данные, пересылаемые через SSL-соединения, будут сжиматься. Если установлено значение 0, сжатие будет отключено (для этого требуется OpenSSL версии 1.0.0 или более поздней). Этот параметр игнорируется, если выполнено подключение без SSL, или если используемая версия OpenSSL не поддерживает его.

Сжатие требует процессорного времени, но может улучшить пропускную способность, если 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.

`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 SSL-сертификатов (CRL). 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. Подраздел 20.3.6.

`krbsrvname`

Имя сервиса Kerberos, предназначенное для использования при аутентификации на основе GSSAPI. Оно должно соответствовать имени сервиса, указанному в конфигурации сервера, чтобы аутентификация на основе Kerberos прошла успешно. (См. также Подраздел 20.3.3.)

`gsslib`

Библиотека GSS, предназначенная для использования при аутентификации на основе GSSAPI. Используется только в системе Windows. Назначьте значение `gssapi`, чтобы заставить libpq использовать для аутентификации библиотеку GSSAPI вместо SSPI, применяемого по умолчанию.

`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 компьютера, 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`.

`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 сбой в коммуникации может привести к тому, что статус изменится на CONNECTION_BAD преждевременно. В таком случае приложение может попытаться восстановиться, вызвав PQreset.

См. статьи, посвященные PQconnectStartParams, PQconnectStart и PQconnectPoll, относительно других кодов статуса, которые могут быть возвращены этими функциями.

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, чтобы получить значения для server_version и client_encoding в любом случае. Поощряется использование в приложениях PQparameterStatus, а не специально написанного (*ad hoc*) кода, для определения этих значений. (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 литера-

лах 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 версии для определения доступности функционала, 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 компьютере сервера баз данных, а не на локальном компьютере.

`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`

Если применяется сжатие SSL, возвращает имя алгоритма сжатия, либо "on", если сжатие используется, но его алгоритм неизвестен. Если сжатие не применяется, возвращает "off".

`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 вызывать 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. 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 того формата, в котором их хранит сервер, как 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.)

Важнейшим преимуществом `PQexecParams` над `PQexec` является то, что значения параметров могут быть отделены от строки-команды. Это позволяет избежать использования кавычек и экранирующих символов, что является трудоёмким методом, часто приводящим 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, какие существуют средства, чтобы 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 за-

проса. 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 (если они есть) данного оператора.

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 (если они есть) данного портала.

Структура PGresultсодержит 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 не фатальная ошибка (уведомление или предупреждение).

PGRES_FATAL_ERROR

Произошла фатальная 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 возвращёно 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 держать объект `PGresult` под рукой до тех пор, 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, то в результате будут иметь место утечки памяти в вашем приложении.

## 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 может сделать запрос к системной таблице `pg_type`, чтобы получить имена и свойства различных типов данных. Значения OID для встроенных типов данных определены в файле `src/include/catalog/pg_type.h` в дереве исходных кодов.

`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 значение поля отсутствует (null). См. `PQgetisnull`, чтобы отличать отсутствие значения (null) от значения, равного пустой строке.

Указатель, возвращаемый функцией `PQgetvalue`, указывает на область хранения, которая является частью структуры `PGresult`. Не следует модифицировать данные, на которые указывает этот указатель, а нужно явно скопировать данные в другую область хранения, если предполагается их использовать за пределами времени жизни самой 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 непустое (non-null) значение. (Обратите внимание, что `PQgetvalue` возвратит пустую строку, а не нулевой указатель, если значение в поле отсутствует.)

`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. Обратите внимание, что *не* следует полагаться на `PQfsize`, чтобы получить фактическую длину данных.

`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 OIDвставленной 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 отвечает требованиям потоковой безопасности. 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 литеральных констант. Определённые символы (такие, как кавычки и символы обратной косой черты) должны экранироваться, чтобы предотвратить их специальную интерпретацию синтаксическим анализатором языка SQL. `PQescapeLiteral` выполняет эту операцию.

`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. Завер-

шающий нулевой байт также будет добавлен. 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, такого, как таблица, столбец или имя 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` останавливает работу 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 останавливает работу 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 функция PQescapeString не принимает PGconn или *error* в качестве параметров. Из-за этого 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 способа 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 в себе 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 в качестве составной части 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 более старой, 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 функция `PQescapeBytea` не принимает `PGconn` в качестве параметра. Из-за этого `PQescapeBytea` 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»). Она *может выдавать неверные результаты* при использовании в программах, которые формируют множественные подключения к базе 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, распределённый с помощью функции `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 нет необходимости `PGconn`.

# 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. Приложение может иметь и другую работу, которую нужно делать (такую, как поддержание пользовательского интерфейса), в таком случае оно не захочет блокироваться, ожидая ответа.
- 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 строка-команда содержит множественные SQL-команды, то все структуры PGresult, кроме последней, отбрасываются функцией PQexec.
- 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 базовые функции, на основе которых и построена функция PQexec: PQsendQuery и PQgetResult. Есть также функции PQsendQueryParams, PQsendPrepare, PQsendQueryPrepared, PQsendDescribePrepared и PQsendDescribePortal, которые можно использовать совместно с PQgetResult, чтобы продублировать функциональность 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 результат. 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, успешно ли создал сервер подготовленный оператор. Эта функция обрабатывает свои параметры точно так же, как и функция PQprepare. Аналогично функции 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 команда, которая должна быть выполнена, задаётся путём указания предварительно подготовленного оператора, вместо задания строки запроса. 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, тогда 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 фатальную ошибку, все 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 команды 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 самой строке-команде.)

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 заставит клиента заблокироваться до те 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 была бы 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; следовательно, сначала нужно вызвать PQconsumeInput, иначе состояние занятости никогда не прекратится.

В типичном приложении, использующем эти функции, будет главный цикл, в котором функции select() или poll() служат для организации ожидания наступления всех условий, на которые цикл должен отвечать. Одним из условий будет наличие ввода, доступного от сервера, что в терминах функции select() означает наличие данных, готовых для чтения на файловом дескрипторе, идентифицируемом с помощью PQsocket. Когда главный цикл обнаруживает ввод, готовый для чтения, он должен вызвать PQconsumeInput, чтобы прочитать этот ввод. Затем он может вызвать PQisBusy, а после неё уже PQgetResult, если PQisBusy возвратит "ложь" (0). Главный цикл может также вызвать PQnotifies, чтобы обнаружить 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, используя PQgetResult. Успешная отмена просто заставит команду завершиться раньше, чем она сделала бы в противном случае.

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 вызовы PQsendQuery, PQputline, PQputnbytes, PQputCopyData и PQendcopy не будут блокироваться, а вместо этого возвратят ошибку, если вызов должен быть повторным.

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, то вызовите PQflush снова. Если он станет готовым к чтению, то вызовите PQconsumeInput, а затем вызовите PQflush снова. 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 функция-

ми 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 текущего исполняющегося запроса. 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 значение 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 на этом подключении, такой, как PQconsumeInput или PQgetResult. Будучи вызванной своевременно, функция активирует однострочный режим для текущего запроса и возвращает 1. В противном случае режим остаётся не изменённым, а функция возвращает 0. В любом случае режим возвращается в нормальное состояние после завершения 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 данный параметр *conn* равен NULL или представляет собой недействительное подключения. 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 нерекомендуемым вариантом 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 возможно, что перезапись сообщения об ошибке, хранящегося в объекте `PGconn`, внесёт путаницу в текущую операцию, выполняемую на данном подключении.

# 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 `PQfn`запрашивает 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 "истина", 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 "ложь", 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`. 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`.

Обратите внимание, что при использовании этого интерфейса невозможно обработать NULL в аргументах и результате, а также множества значений в результате.

# 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. Прибытие сообщений от команды `NOTIFY` можно впоследствии обнаружить с помощью вызова 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 хорошим 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, тем самым не используя мощности CPU, если нет полезной работы. (См. PQsocket насчёт получения номера файлового дескриптора для использования его с select().) Обратите внимание, что это будет хорошо работать, независимо от того, отправляете ли вы команды с помощью PQsendQuery/PQgetResult или просто используете PQexec. Следует, однако, не забывать проверять PQnotifies после каждого вызова PQgetResult или PQexec, чтобы увидеть, не прибыли 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 продолжить получать результаты через PQgetResult после завершения

последовательности COPY. Только когда PQgetResult возвращает NULL, можно с уверенностью считать, что командная строка PQexec выполнена 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* равен true (отличен от нуля), 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 false (нулю), 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 конца 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. Передав собственно данные, сейчас 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 непосредственно. 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 команд.

# 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
} PGVerbosity;

PGVerbosity PQsetErrorVerbosity(PGconn *conn, PGVerbosity verbosity);
```

PQsetErrorVerbosity устанавливает уровень 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 выдаваемые сообщения дополнительно содержат поля подробного описания, подсказки или контекста (они могут занимать несколько строк). В «многословном» режиме (*VERBOSE*) передаются все доступные поля сообщения. 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 сообщений и возвращает предыдущее значение. В зависимости от этого режима, поле CONTEXT может включаться в сообщения или нет (если только не выбран уровень детализации *TERSE*, при котором CONTEXT не выводится никогда). В режиме *NEVER* поле CONTEXT не выводится никогда, а в режиме *ALWAYS* выводится всегда (если оно имеется). В режиме *ERRORS* (по умолчанию) поле CONTEXT включается только в сообщения об ошибках, но не в уведомления или предупреждения. Из-

менение этого уровня 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 режимом вывода контекста.)

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`.

`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 функционала, 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 идеальное время 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 идеальное 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 того, как копирование будет завершено. 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);
```

`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.
- `PGSERVICE` действует так же, как параметр соединения service.
- `PGSERVICEFILE` задаёт имя личного файла пользователя с параметрами подключения к службам. По умолчанию применяется имя файла `~/.pg_service.conf` (см. Раздел 33.16).

- 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.
- 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 данных приложений (Application Data) в профиле пользователя). Имя 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 при подключении через libpq и будут применены все связанные с ним параметры. Это позволяет модифицировать параметры соединений, обходясь без перекомпиляции приложения libpq. Имя службы можно также задать в переменной окружения PGSERVICE.

Файл соединений служб может быть личным файлом пользователя с путём ~/.pg_service.conf или задаваться переменной окружения PGSERVICEFILE, либо это может быть системный файл с путём `pg_config --sysconfdir`/pg_service.conf или в каталоге, задаваемом переменной окружения PGSYSCONFDIR. Если для одного имени службы существует определение и в системном файле, и в файле пользователя, определение пользователя имеет приоритет.

В этом 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 share/pg_service.conf.sample.

# 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 пара-

метры 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 компьютера 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 компьютера, 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. К этому файлу закрытого ключа должен быть запрещён доступ всех и группы; такой режим доступа устанавливает команда chmod 0600 ~/.postgresql/postgresql.key. В Microsoft Windows эти файлы называются %APPDATA%\postgresql\postgresql.crt и %APPDATA%\postgresql\postgresql.key, а права доступа не проверяются, так как этот каталог считается защищённым. Размещение файлов сертификатов и закрытого ключа можно переопределить с помощью параметров подключения sslcert и sslkey либо переменных окружения PGSSLCERT и PGSSLKEY.

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 в файле root.crt на сервере.

За инструкциями по созданию сертификатов обратитесь к Подразделу 18.9.3.

## 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 безопасным, 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 из- |

| sslmode | **Защита от прослушивания** | **Защита от MITM** | **Утверждение** |
|---|---|---|---|
| | | | держки), 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 | запрашивается сервером |
| ~/.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 |

| Файл | Содержимое | Назначение |
|---|---|---|
| ~/.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. Более подробно API SSL описывается на странице *http://h41379.www4.hpe.com/doc/83final/ba554_90007/ch04.html*.

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.

Если вы сталкиваетесь с проблемами многопоточности в приложениях, запустите программу src/tools/thread, чтобы понять, есть ли в вашей системе небезопасные при многопоточности функции. Эта программа запускается скриптом configure, но если вы устанавливаете двоичный пакет, ваши библиотеки могут не соответствовать тем, что использовались при сборке.

# 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 -I*каталог*. (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_configи 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 `-L`*`каталог`*, 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;
 * 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.

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(PGcon *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(PGcon *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 | Тип результата | Описание | Пример | Результат |
|---|---|---|---|---|
| `lo_from_bytea( loid oid, string bytea)` | `oid` | Создаёт большой объект, сохраняет в нём данные и возвращает его OID. С `0` система выбирает OID сама. | `lo_from_bytea( 0, '\xffffff00')` | `24528` |
| `lo_put( loid oid, offset bigint, str bytea)` | `void` | Записывает данные по заданному смещению. | `lo_put(24528, 1, '\xaa')` | |
| `lo_get( loid oid [, from bigint, for int])` | `bytea` | Извлекает содержимое подстроки. | `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, владеющего базами данных. Поэтому использовать их разрешено только суперпользователям. Клиентские функции импорта и экспорта, напротив, читают и пишут файлы в файловой системе клиента, с правами клиентской программы. Для выполнения клиентских функций права суперпользователя не требуются.

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) 1996-2017, 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 операторы SQL 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:

- *имя_бд*[@*имя_сервера*][:*порт*]
- tcp:postgresql://*имя_сервера*[:*порт*][/*имя_бд*][?*параметры*]
- unix:postgresql://*имя_сервера*[:*порт*][/*имя_бд*][?*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 операторов SQL (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*
- DEFAULT
- 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 операторов SQL

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 оператору SQL, 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 операторы SQL 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 про-

грамме 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 операторами SQL 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 операторе SQL, 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 операторы SQL работает везде, где оператор SQL 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 |
|---|---|
| smallint | short |
| integer | int |
| 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][b] |
| name | char[NAMEDATALEN] |
| timestamp | timestamp[a] |
| interval | interval[a] |
| date | date[a] |
| boolean | bool[c] |
| bytea | char * |

[a] С этим типом можно работать только через специальные функции; см. Подраздел 35.4.4.2.
[b] объявляется в ecpglib.h
[c] 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 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, 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;
}
```

### 35.4.4.3. 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.

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 оператора SQL, 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, 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, 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. */
    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 37.11. Внешнее строковое представление этого типа имеет форму `(%f,%f)` и определено в функциях `complex_in()` и `complex_out()` в Разделе 37.11. 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 для каждой переменной среды, содержащей данные. Эта вторая переменная среды называется *индикатором* и содержит флаг, показывающий, что в данных передаётся NULL, и при этом значение основной переменной среды 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.

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.

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 операторы SQL, которые должно выполнять приложение, известны в момент написания приложения. В некоторых случаях, однако, операторы SQL формируются во время выполнения или поступают из внешнего источника. В этих случаях операторы SQL нельзя внедрить непосредственно в исходный код C, но есть средство, позволяющее вызывать произвольные операторы SQL, передаваемые в строковой переменной.

### 35.5.1. Выполнение операторов без набора результатов

Самый простой способ выполнить произвольный оператор SQL — 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 оператор SQL 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 оператора SQL 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 |

| **Ввод** | **Результат** |
|---|---|
| 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 | День по юлианскому календарю |
| 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 |
| 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_new(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, 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 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, 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, 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.

```
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 оператора SQL происходит ошибка.

`SQLWARNING`

Указанное действие вызывается, когда при выполнении оператора SQL выдаётся предупреждение.

`NOT FOUND`

Указанное действие вызывается, когда оператор SQL 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`.

`CALL` *имя* `(`*аргументы*`)`
`DO` *имя* `(`*аргументы*`)`

Вызвать указанные функции C с заданными аргументами.

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 операторам SQL 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 оператор SQL 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. `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 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 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 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 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 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 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 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 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 — не числовая. (SQLSTATE 07006)

-244 (ECPG_VAR_NOT_CHAR)

При выполнении динамического оператора база данных возвратила не числовое значение, тогда как переменная среды — 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 операторы SQL 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.

### 35.9.3. Директивы ifdef, ifndef, else, elif 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 else;`

Начинает альтернативную ветвь условия, открытого командой `EXEC SQL ifdef` *`имя`* или `EXEC SQL ifndef` *`имя`*.

`EXEC SQL elif` *`имя`*`;`

Проверяет *`имя`* и начинает альтернативную ветвь условия, если *`имя`* было определено командой `EXEC SQL define` *`имя`*.

`EXEC SQL endif;`

Завершает ветвь условия.

Пример:

```
EXEC SQL ifndef TZVAR;
EXEC SQL SET TIMEZONE TO 'GMT';
EXEC SQL elif TZNAME;
EXEC SQL SET TIMEZONE TO TZNAME;
EXEC SQL else;
EXEC SQL SET TIMEZONE TO TZVAR;
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 про-

сматривается 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*. Возвращаемые коды состояния перечислены в описании входящей в libpq функции `PQtransactionStatus()` в Разделе 33.2.
- `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 прило-

жения 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.

### 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

переменная среды 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.

*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.

### 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 запрос
```

### 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.

*подготовленный_оператор*

Имя подготовленного запроса, задаваемое SQL-идентификатором или переменной среды.

*запрос*

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.

*имя_дескриптора*

Имя дескриптора, задаётся с учётом регистра. Это может быть идентификатор SQL или переменная среды.

*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 DEFAULT
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.

`DEFAULT`

Закрывает подключение по умолчанию.

`ALL`

Закрывает все открытые подключения.

### Примеры

```
int
main(void)
{
    EXEC SQL CONNECT TO testdb AS DEFAULT USER testuser;
    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 DEFAULT;  /* закрывает DEFAULT       */
    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 оператор SQL, не получая при этом строки результата.

### Параметры

*строка*

Строковая константа C или переменная среды, содержащая SQL-оператор, который нужно выполнить.

### Примеры

Пример выполнения оператора `INSERT` с применением команды `EXECUTE IMMEDIATE` и переменной среды `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, 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 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.

### 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, 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`.

`DEFAULT`

Устанавливает заданное подключение подключением по умолчанию.

### 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.

### 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 новый тип данных C. 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 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   *sqlowner name;
    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_MAX .. 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. 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).

10Смещение 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

| Имя | Тип данных | 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

| Имя | Тип данных | 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

| Имя | Тип данных | 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

| Имя | Тип данных | 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. |

| Имя | Тип данных | Описание |
|---|---|---|
| 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 | 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 |

| Имя | Тип данных | Описание |
|---|---|---|
| | | 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 |

| Имя | Тип данных | Описание |
|---|---|---|
| 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_derived_reference_attribute | yes_or_no | Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL |

Обратитесь также к описанию Раздел 36.16, 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, LATIN1 — форма кодировки, применимая к совокупности LATIN1). 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

| Имя | Тип данных | Описание |
|---|---|---|
| character_set_catalog | sql_identifier | Наборы символов в настоящее время не представлены в виде объектов схемы, так что этот столбец содержит NULL. |

| Имя | Тип данных | Описание |
|---|---|---|
| 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 |
| 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

| Имя | Тип данных | 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 36.40. |

## 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

| Имя | Тип данных | 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

| Имя | Тип данных | 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

| Имя | Тип данных | 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 |

| Имя | Тип данных | Описание |
|---|---|---|
| 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_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 36.10. Столбцы** column_domain_usage

| Имя | Тип данных | 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 |

## 36.13. 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 36.11. Столбцы** column_options

| Имя | Тип данных | 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 | Имя столбца |
| option_name | sql_identifier | Имя параметра |
| option_value | character_data | Значение параметра |

## 36.14. 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 36.12. Столбцы** `column_privileges`

| Имя | Тип данных | Описание |
|---|---|---|
| `grantor` | `sql_identifier` | Имя роли, давшей право (правода-тель) |
| `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 |

# 36.15. `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 36.16.

**Таблица 36.13. Столбцы** `column_udt_usage`

| Имя | Тип данных | 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` | 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 |

# 36.16. `columns`

Представление `columns` содержит информацию обо всех столбцах таблиц (или столбцах представлений) в базе данных. Системные столбцы (`oid` 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 36.14. Столбцы** `columns`

| Имя | Тип данных | 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` | 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. |

| Имя | Тип данных | Описание |
|---|---|---|
| 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 |

| Имя | Тип данных | Описание |
|---|---|---|
| | | 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 | 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, нижe- |

| Имя | Тип данных | Описание |
|---|---|---|
| | | лежащий 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 внутрен- |

| Имя | Тип данных | Описание |
|---|---|---|
| | | ней последовательности, иначе — NULL. |
| identity_minimum | character_data | 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 | Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL |
| generation_expression | character_data | Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL |
| 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.

## 36.17. 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 36.15. Столбцы** constraint_column_usage

| Имя | Тип данных | Описание |
|---|---|---|
| table_catalog | sql_identifier | Имя базы данных, содержащей таблицу со столбцом, задейство- |

| Имя | Тип данных | Описание |
|---|---|---|
| | | ванным 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 | Имя базы данных, содержащей ограничение (всегда текущая база) |
| constraint_schema | sql_identifier | Имя схемы, содержащей ограничение |
| constraint_name | sql_identifier | Имя ограничения |

## 36.18. 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 36.16. Столбцы** constraint_table_usage

| Имя | Тип данных | 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 |

## 36.19. 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 36.17. Столбцы** `data_type_privileges`

| Имя | Тип данных | Описание |
|---|---|---|
| `object_catalog` | `sql_identifier` | Имя базы данных, содержащей описываемый объект (всегда текущая база) |
| `object_schema` | `sql_identifier` | 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. |

## 36.20. `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 36.18. Столбцы** `domain_constraints`

| Имя | Тип данных | 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 |

# 36.21. 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 36.19. Столбцы** domain_udt_usage

| Имя | Тип данных | Описание |
|---|---|---|
| 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 |
| 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 |

# 36.22. 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 36.20. Столбцы** domains

| Имя | Тип данных | 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 |

| Имя | Тип данных | Описание |
|---|---|---|
| | | 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 | 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 |

| Имя | Тип данных | Описание |
|---|---|---|
| | | 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 |

| Имя | Тип данных | Описание |
|---|---|---|
| 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 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.) |

## 36.23. 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 36.21. Столбцы** element_types

| Имя | Тип данных | 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 столб- |

| Имя | Тип данных | Описание |
|---|---|---|
| | | це 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 | 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 |

| Имя | Тип данных | Описание |
|---|---|---|
| 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 |
| 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. |

## 36.24. enabled_roles

Представление enabled_roles описывает «доступные роли». Список доступных ролей рекурсивно определяется как роль текущего пользователя плюс роли, данные доступным ролям, с автомати-

ческим 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 remap="6" Раздел 36.5).

**Таблица 36.22. Столбцы** `enabled_roles`

| Имя | Тип данных | Описание |
|---|---|---|
| `role_name` | `sql_identifier` | Имя целевой роли |

# 36.25. `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 36.23. Столбцы** `foreign_data_wrapper_options`

| Имя | Тип данных | 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 |

# 36.26. `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 36.24. Столбцы** `foreign_data_wrappers`

| Имя | Тип данных | 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 |

# 36.27. `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 36.25. Столбцы** `foreign_server_options`

| Имя | Тип данных | 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 |

# 36.28. `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 36.26. Столбцы** `foreign_servers`

| Имя | Тип данных | 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` | 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 |

# 36.29. `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 36.27. Столбцы** `foreign_table_options`

| Имя | Тип данных | 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 |

| Имя | Тип данных | Описание |
|---|---|---|
| foreign_table_name | sql_identifier | Имя сторонней таблицы |
| option_name | sql_identifier | Имя параметра |
| option_value | character_data | Значение параметра |

# 36.30. 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 36.28. Столбцы** foreign_tables

| Имя | Тип данных | 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 |

# 36.31. 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 36.29. Столбцы** key_column_usage

| Имя | Тип данных | 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 |

| Имя | Тип данных | Описание |
|---|---|---|
| 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 |

## 36.32. 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 36.30. Столбцы** parameters

| Имя | Тип данных | 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 36.40. |
| 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. |
| 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 |

| Имя | Тип данных | Описание |
|---|---|---|
| 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 |

| Имя | Тип данных | 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. |

## 36.33. 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 36.31. Столбцы** referential_constraints

| Имя | Тип данных | 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 ссы- |

| Имя | Тип данных | Описание |
|---|---|---|
| | | лается 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. |

# 36.34. 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 36.32. Столбцы** role_column_grants

| Имя | Тип данных | 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 |

# 36.35. 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 представле-

ния от routine_privileges состоит в том, что в данном представлении опускаются функции, которые доступны текущему пользователю косвенно через роль PUBLIC.

**Таблица 36.33. Столбцы** role_routine_grants

| Имя | Тип данных | 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 36.40. |
| 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 |

# 36.36. 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 36.34. Столбцы** role_table_grants

| Имя | Тип данных | 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 |

| Имя | Тип данных | Описание |
|---|---|---|
| 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. |

# 36.37. 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 36.35. Столбцы** role_udt_grants

| Имя | Тип данных | 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 |

# 36.38. 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 36.36. Столбцы** role_usage_grants

| Имя | Тип данных | Описание |
|---|---|---|
| grantor | sql_identifier | Имя роли, которая дала это право |

| Имя | Тип данных | Описание |
|---|---|---|
| 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 |

## 36.39. 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 36.37. Столбцы** routine_privileges

| Имя | Тип данных | 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 36.40. |
| 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 |

# 36.40. routines

Представление routines показывает все функции в текущей базе данных. В нём показываются только функции, к которым имеет доступ текущий пользователь (являясь владельцем или имея некоторые права).

**Таблица 36.38. Столбцы** routines

| Имя | Тип данных | 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 | Всегда FUNCTION (в будущем могут появиться и другие типы подпрограмм.) |
| 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 мас- |

| Имя | Тип данных | Описание |
|---|---|---|
| | | сив (в этом случае обратитесь к представлению element_types ), иначе — USER-DEFINED ( в этом случае тип определяется в type_udt_name и связанных столбцах). |
| 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 | Имя базы данных, в которой определён тип данных резуль- |

| Имя | Тип данных | Описание |
|---|---|---|
| | | тата функции (всегда текущая база) |
| type_udt_schema | sql_identifier | Имя схемы, в которой определён тип данных результата функции |
| type_udt_name | sql_identifier | Имя типа данных результата функции |
| 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 |

| Имя | Тип данных | Описание |
|---|---|---|
| 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. |
| 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 |

| Имя | Тип данных | Описание |
|---|---|---|
| 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 | character_data | 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 | 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 |

| Имя | Тип данных | Описание |
|---|---|---|
| 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 | character_data | 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 |

## 36.41. schemata

Представление schemata показывает все схемы в текущей базе данных, к которым имеет доступ текущий пользователь (являясь их владельцем или имея некоторые права).

**Таблица 36.39. Столбцы** schemata

| Имя | Тип данных | Описание |
|---|---|---|
| catalog_name | sql_identifier | Имя базы данных, содержащей схему (всегда текущая база) |
| schema_name | sql_identifier | Имя схемы |
| schema_owner | sql_identifier | 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 |

## 36.42. 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 36.40. Столбцы** sequences

| Имя | Тип данных | 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 неяв- |

| Имя | Тип данных | Описание |
|---|---|---|
| | | ный) 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 |
| 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.

## 36.43. 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 36.41. Столбцы** sql_features

| Имя | Тип данных | 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 тестирова- |

| Имя | Тип данных | Описание |
|---|---|---|
| | | ние функционального соответствия |
| comments | character_data | Необязательный комментарий о поддерживаемом состоянии функциональности |

# 36.44. 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 36.42. Столбцы** sql_implementation_info

| Имя | Тип данных | 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 | 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 |

# 36.45. sql_languages

Таблица sql_languages содержит одну строку для каждой привязки языка SQL, поддерживаемой PostgreSQL. PostgreSQL поддерживает непосредственный SQL и SQL, встроенный в C; это всё, что можно получить из этой таблицы.

Эта таблица была исключена из стандарта SQL в версии SQL:2008, так что она не содержит записей, относящихся к стандартам новее SQL:2003.

**Таблица 36.43. Столбцы** sql_languages

| Имя | Тип данных | Описание |
|---|---|---|
| sql_language_source | character_data | Имя источника определения языка; всегда ISO 9075, то есть стандарт SQL |
| sql_language_year | character_data | Год, в котором был одобрен стандарт, отмеченный в sql_language_source . |
| sql_language_conformance | character_data | Уровень совместимости со стандартом для привязки языка. |

| Имя | Тип данных | Описание |
|---|---|---|
| | | Для ISO 9075:2003 это всегда CORE. |
| sql_language_integrity | character_data | Всегда NULL (Это значение было актуально для более ранней версии стандарта SQL.) |
| sql_language_implementation | character_data | Всегда NULL |
| sql_language_binding_style | character_data | Стиль привязки языка: DIRECT или EMBEDDED |
| sql_language_programming_language | character_data | Язык программирования, если стиль привязки — EMBEDDED, иначе NULL. PostgreSQL поддерживает только язык C. |

# 36.46. sql_packages

Таблица sql_packages содержит информацию о функциональных пакетах, определённых в стандарте SQL и поддерживаемых PostgreSQL. За дополнительными сведениями о функциональных пакетах обратитесь к Приложению D.

**Таблица 36.44. Столбцы** sql_packages

| Имя | Тип данных | Описание |
|---|---|---|
| feature_id | character_data | Строка идентификатора пакета |
| feature_name | character_data | Описательное название пакета |
| is_supported | yes_or_no | YES, если пакет 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 пакета |

# 36.47. sql_parts

Таблица sql_parts содержит информацию о различных частях стандарта SQL, поддерживаемых PostgreSQL.

**Таблица 36.45. Столбцы** sql_parts

| Имя | Тип данных | 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 |

| Имя | Тип данных | Описание |
|---|---|---|
| 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 |

## 36.48. 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 36.46. Столбцы** sql_sizing

| Имя | Тип данных | 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 |

## 36.49. sql_sizing_profiles

Таблица sql_sizing_profiles содержит информацию о значениях sql_sizing, которые требуются для различных профилей стандарта SQL. PostgreSQL не ориентируется на профили SQL, поэтому данная таблица пуста.

**Таблица 36.47. Столбцы** sql_sizing_profiles

| Имя | Тип данных | Описание |
|---|---|---|
| sizing_id | cardinal_number | Идентификатор элемента размеров |
| sizing_name | character_data | Описательное название элемента размеров |
| profile_id | character_data | Строка идентификатора профиля |
| required_value | cardinal_number | Значение, которое требует профиль SQL для этого элемента размеров, или 0, если профиль |

| Имя | Тип данных | Описание |
|---|---|---|
| | | не ограничивает данный элемент, либо NULL, если профиль не требует наличия функциональности, для которой применим этот элемент |
| comments | character_data | Необязательный комментарий, относящийся к элементу размеров в профиле |

# 36.50. 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 36.48. Столбцы** table_constraints

| Имя | Тип данных | 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 |

# 36.51. 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 36.49. Столбцы** table_privileges

| Имя | Тип данных | Описание |
|---|---|---|
| grantor | sql_identifier | Имя роли, давшей право (праводатель) |
| grantee | sql_identifier | Имя роли, которой было дано право (правообладатель) |

| Имя | Тип данных | 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 |
| 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. |

## 36.52. 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 36.50. Столбцы** tables

| Имя | Тип данных | 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 TABLE 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 |

| Имя | Тип данных | Описание |
|---|---|---|
| | | 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 |

## 36.53. 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 36.51. Столбцы** transforms

| Имя | Тип данных | 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 36.40. |
| 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 по- |

| Имя | Тип данных | Описание |
|---|---|---|
| | | ле содержит язык, для которого предназначена трансформация. |
| transform_type | character_data | FROM SQL или TO SQL |

# 36.54. 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 36.52. Столбцы** triggered_update_columns

| Имя | Тип данных | 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 | 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 |

# 36.55. 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 36.53. Столбцы** triggers

| Имя | Тип данных | 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) |

| Имя | Тип данных | Описание |
|---|---|---|
| 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 | Ещё не реализовано |
| 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 PROCEDURE *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 | Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL |
| action_reference_new_table | sql_identifier | Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL |
| 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.

## 36.56. `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 36.58); права, затрагивающие домены, описаны в Разделе 36.57.

**Таблица 36.54. Столбцы `udt_privileges`**

| Имя | Тип данных | 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) |
| `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 |

## 36.57. `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 36.55. Столбцы `usage_privileges`**

| Имя | Тип данных | Описание |
|---|---|---|
| `grantor` | `sql_identifier` | Имя роли, давшей право (праводатель) |

| Имя | Тип данных | Описание |
|---|---|---|
| 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 |

# 36.58. 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 36.22.

**Таблица 36.56. Столбцы** user_defined_types

| Имя | Тип данных | 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 |

| Имя | Тип данных | Описание |
|---|---|---|
| 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 |
| 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 |

| Имя | Тип данных | Описание |
|---|---|---|
| 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 |

## 36.59. 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 36.57. Столбцы** user_mapping_options

| Имя | Тип данных | 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. |

## 36.60. user_mappings

Представление user_mappings показывает все сопоставления пользователей, определённые в текущей базе данных. В нём показываются только сопоставления, установленные для сторонних сер-

веров, к которым имеет доступ текущий пользователь (являясь владельцем или имея некоторые права).

**Таблица 36.58. Столбцы** `user_mappings`

| Имя | Тип данных | 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 |

# 36.61. `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 36.59. Столбцы** `view_column_usage`

| Имя | Тип данных | 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 |

# 36.62. `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 36.60. Столбцы** `view_routine_usage`

| Имя | Тип данных | 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 36.40. |

## 36.63. `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 36.61. Столбцы** `view_table_usage`

| Имя | Тип данных | 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 |

## 36.64. `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 36.62. Столбцы** `views`

| Имя | Тип данных | 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 37.10)
- типы данных (начиная с Раздела 37.11)
- операторы (начиная с Раздела 37.12)
- классы операторов для индексов (начиная с Раздела 37.14)
- пакеты связанных объектов (начиная с Раздела 37.15)

## 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, составные, доменные и псевдотипы.

### 37.2.1. Базовые типы

Базовые типы — это типы вроде `int4`, 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. Базовые типы подразделяются на скалярные типы и массивы. Для каждого скалярного типа автоматически создаётся тип массива, который может содержать множество значений этого скалярного типа переменного размера.

### 37.2.2. Составные типы

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. Пользователь может обращаться к этим полям из запросов SQL. За дополнительными сведениями о составных типах обратитесь к Разделу 8.16.

## 37.2.3. Домены

Домен основывается на определённом базовом типе и во многих аспектах взаимозаменяем с ним. Однако домен может иметь дополнительные ограничения, уменьшающие множество допустимых значений относительно нижележащего базового типа.

Доменные типы можно создавать, используя SQL-команду CREATE DOMAIN. Их создание и применение в этой главе не рассматривается.

## 37.2.4. Псевдотипы

Для специальных целей существует также несколько «псевдотипов». Псевдотипы не могут применяться в столбцах таблицы или атрибутах составных типов, 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 8.25.

## 37.2.5. Полиморфные типы

Особый интерес представляют пять псевдотипов: `anyelement`, `anyarray`, `anynonarray`, `anyenum` и `anyrange`, которые называются *полиморфными типами*. Функция, в объявлении которой используются эти типы, называется *полиморфной*. Полиморфная функция может работать со множеством различных типов данных; конкретный тип определяется в зависимости от значения, переданного при вызове.

Полиморфные аргументы и результаты связываются друг с другом и сводятся к определённому типу данных при разборе запроса, вызывающего полиморфную функцию. 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 массивов должны совпадать. Так же и во всех позициях, объявленных как `anyrange`, должен передаваться одинаковый тип-диапазон. 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`, фактическим типом в позициях `anyrange` должен быть диапазон, подтип которого совпадает с типом, передаваемым в позициях `anyelement`. 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 аргумента. 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.

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.

Функции с переменным числом аргументом (описанные в Подразделе 37.4.5) тоже могут быть полиморфными: для этого их последний параметр описывается как `VARIADIC anyarray`. 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`.

# 37.3. Пользовательские функции

В PostgreSQL представлены функции четырёх видов:

- функции на языке запросов (функции, написанные на SQL) (Раздел 37.4)
- функции на процедурных языках (функции, написанные, например, на PL/pgSQL или PL/Tcl) (Раздел 37.7)
- внутренние функции (Раздел 37.8)
- функции на языке C (Раздел 37.9)

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. 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).

## 37.4.1. 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`.

## 37.4.2. 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;
```

## 37.4.3. Функции SQL со сложными 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 таблице, связанной с составным типом. (Имена столбцов, как показывает пример выше, для системы значения не имеют.)
- Вы должны привести выражения в соответствие с определением составного типа, либо вы получите такие ошибки:

  ```
  ERROR:  function declared to return emp returns varchar instead of text at column 1
  ```

  (ОШИБКА: функция, объявленная как возвращающая emp, возвращает varchar вместо text в столбце 1)

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.

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 37.4.7.

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)
```

## 37.4.4. 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 37.4.2. 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.

## 37.4.5. 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]);
```

## 37.4.6. 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 =.

## 37.4.7. 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.

## 37.4.8. 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.

## 37.4.9. 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`.

## 37.4.10. Полиморфные функции SQL

Функции SQL могут быть объявлены как принимающие и возвращающие полиморфные типы `anyelement`, `anyarray`, `anynonarray`, `anyenum` и `anyrange`. За более подробным объяснением полиморфизма функций обратитесь к Подразделу 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")

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 function returning a polymorphic type must have at least one polymorphic
 argument.
```

(ОШИБКА: не удалось определить тип результата; ПОДРОБНОСТИ: Функция, возвращающая полиморфный тип, должна иметь минимум один полиморфный аргумент.)

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)
```

### 37.4.11. 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.

## 37.5. 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 представлен-

ных 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.

## 37.6. 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 вычис-

ляется 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.)

# 37.7. 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.

# 37.8. 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.

# 37.9. 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.

### 37.9.1. 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 37.9.5.

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. Отличительный блок стал обязательным, начиная с версии PostgreSQL 8.2. Чтобы включить его в свой модуль, напишите это в одном (и только одном) из исходных файлов модуля, после включения заголовочного файла `fmgr.h`:

```
#ifdef PG_MODULE_MAGIC
PG_MODULE_MAGIC;
```

```
#endif
```

Проверку `#ifdef` можно опустить, если этот код не планируется компилировать для версий PostgreSQL до 8.2.

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.)

## 37.9.2. 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 37.1.)

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 37.10.

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 37.1 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 всегда необходимо первым включать `postgres.h`, так как в нём объявляется ряд вещей, которые нужны в любом случае.

**Таблица 37.1. Типы C, эквивалентные встроенным типам SQL**

| Тип SQL | Тип C | Определён в |
|---|---|---|
| abstime | AbsoluteTime | utils/nabstime.h |
| bigint (int8) | int64 | postgres.h |
| 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 |
| smallint (int2) | int16 | postgres.h |
| int2vector | int2vector* | postgres.h |
| integer (int4) | int32 | postgres.h |
| real (float4) | float4* | postgres.h |
| double precision (float8) | float8* | postgres.h |
| interval | Interval* | datatype/timestamp.h |
| lseg | LSEG* | utils/geo_decls.h |
| name | Name | postgres.h |
| oid | Oid | postgres.h |
| oidvector | oidvector* | postgres.h |
| path | PATH* | utils/geo_decls.h |
| point | POINT* | utils/geo_decls.h |
| regproc | regproc | postgres.h |
| reltime | RelativeTime | utils/nabstime.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 |
| tinterval | TimeInterval | utils/nabstime.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.

## 37.9.3. 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_ARGNULL_`*`xxx`*`()`. 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"

#ifdef PG_MODULE_MAGIC
PG_MODULE_MAGIC;
#endif

/* 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()`.

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).

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.

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 37.9.8) 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.

## 37.9.4. 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 37.9.5.
- Не забудьте определить «отличительный блок» для вашей разделяемой библиотеки, как описано в Подразделе 37.9.1.
- 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.

## 37.9.5. 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 37.9.1.

## 37.9.6. 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() */

#ifdef PG_MODULE_MAGIC
PG_MODULE_MAGIC;
#endif

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.

## 37.9.7. 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 долж-

на 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.

## 37.9.8. Возврат множеств

Есть также специальный интерфейс, который позволяет функциям на C возвращать множества (несколько строк). Функции, возвращающие множества, должны следовать соглашению о вызовах версии 1. Кроме того, соответствующие исходные файлы должны включать funcapi.h, как показано выше.

Функция, возвращающая множество (SRF, Set-Returning Function), вызывается каждый раз для очередной записи. Таким образом, SRF должна сохранять достаточно информации о состоянии, чтобы понимать, что она делает, и выдать очередную запись при следующем вызове. Для облегчения управления этим процессом представлена структура FuncCallContext. Для кода функции указатель на эту структуру FuncCallContext сохраняется между вызовами в поле fcinfo->flinfo->fn_extra.

```
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 слот результата (может не использоваться)
     *
     * Это поле устарело и представлено только для обратной совместимости, а именно,
     * для пользовательских SRF, использующих устаревшую TupleDescGetSlot().
     */
    TupleTableSlot *slot;

    /*
     * 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;
```

В SRF применяются различные функции и макросы, автоматически манипулирующие структурой `FuncCallContext` (они обращаются к ней через `fn_extra`). В частности, чтобы определить, была ли функция вызвана в первый или последующий раз, используйте:

```
SRF_IS_FIRSTCALL()
```

Чтобы инициализировать `FuncCallContext` при первом вызове (и только), используйте:

```
SRF_FIRSTCALL_INIT()
```

Чтобы подготовиться к использованию `FuncCallContext` и очистить все ранее возвращённые данные, оставшиеся после предыдущего прохода, при каждом вызове функции, в том числе, первом, выполните:

```
SRF_PERCALL_SETUP()
```

Если у вашей функции есть данные, которые нужно возвратить, выполните:

```
SRF_RETURN_NEXT(funcctx, result)
```

для того, чтобы выдать их вызывающему. (Переменная `result` должна быть типа `Datum`, либо одним значением, либо кортежем, подготовленным как описано выше.) Наконец, когда ваша функция закончила возвращать 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 и сохранить их между вызовами, вам нужно разместить их где-то в другом месте. Для размещения таких 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.

> **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);
        /* Здесь размещается 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);
    }

    /* Здесь размещается код подготовки для каждого вызова: */
    некоторый код
    funcctx = SRF_PERCALL_SETUP();
    некоторый код

    /* это только один способ определить, не пора ли закончить работу: */
    if (funcctx->call_cntr < funcctx->max_calls)
    {
```

```
        /* Здесь мы хотим вернуть следующий результат: */
        некоторый код
        получить результирующий Datum
        SRF_RETURN_NEXT(funcctx, result);
    }
    else
    {
        /* Здесь мы заканчиваем выдавать результаты и нам нужно провести очистку: */
        некоторый код
        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`.

Каталог `contrib/tablefunc` в пакете исходного кода содержит дополнительные примеры функций, возвращающих множества.

## 37.9.9. Полиморфные типы аргументов и результата

Функции на языке C могут быть объявлены как принимающие и возвращающие полиморфные типы `anyelement`, `anyarray`, `anynonarray`, `anyenum` и `anyrange`. За более подробным объяснением полиморфных функций обратитесь к Подразделу 37.2.5. Когда типы аргументов или результат 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`.

## 37.9.10. Функции преобразования

Некоторые вызовы функций можно упростить на стадии планирования, в зависимости от особых свойств функции. Например, функцию умножения (`int4mul(n, 1)`) можно свести просто к `n`. Чтобы определить такую оптимизацию, нужно написать *функцию преобразования* и поместить её OID в поле `protransform` записи основной функции в `pg_proc`. Функция преобразования должна иметь в SQL сигнатуру `protransform(internal) RETURNS internal`. В аргументе, фактически имеющем тип `FuncExpr *`, передаётся фиктивный узел, представляющий вызов основной функции. Если анализ дерева выражения в функции преобразования показывает, что вместо всех возможных конкретных вызовов может быть подставлено дерево упрощённого выражения, эта функция должна построить и вернуть это упрощённое выражение. В противном случае нужно вернуть указатель `NULL` (*не* NULL языка SQL).

Мы не гарантируем, что PostgreSQL никогда не будет вызывать основную функцию во всех случаях, когда функция преобразования может её упростить, поэтому важно, чтобы упрощённое выражение строго соответствовало реальному вызову основной функции.

В настоящее время эта функциональность не предоставляется пользователям на уровне SQL из соображений безопасности, так что на практике это можно использовать только для оптимизации встроенных функций.

## 37.9.11. 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 `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);
}
```

## 37.9.12. 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.

# 37.10. 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.

## 37.10.1. 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.

## 37.10.2. 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 37.4.5. 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.

## 37.10.3. 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. Обычный подход к такой реализации заключается в сохранении ссылки на объект «tuplesort» в значении состояния агрегата, загрузке поступающих строк в этот объект, и собственно завершении сортировки и обработки данных в функции завершения. Такая конструкция позволяет функции завершения 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 обычно 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.)

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.

## 37.10.4. 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.

## 37.10.5. 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 для функции перехода (когда эта функция возвращает true) первым входным аргументом является временное значение состояния, которое можно безопасно модифицировать на месте, не создавая новую копию. Пример вы можете увидеть в функции int8inc(). (Это *единственный* случай, когда функция может безопасно изменять входные данные, передаваемые по ссылке. В частности, функции завершения для обычных агрегатов не должны изменять входные данные ни в коем случае, так как в некоторых ситуациях они могут вызываться повторно с тем же конечным значением состояния.)

Второй аргумент AggCheckCallContext можно использовать, чтобы получить контекст памяти, в котором содержатся значения агрегатного состояния. Это полезно для функций перехода, которые желают использовать «развёрнутые» объёкты (см. Подраздел 37.11.1) 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.

# 37.11. 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 complex: \"%s\"",
                        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.

## 37.11.1. Особенности TOAST

Если значения вашего типа данных могут быть разного размера (во внутренней форме), обычно для такого типа желательно реализовать поддержку TOAST (см. Раздел 66.2). 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 форма-

та 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`.

# 37.12. 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 37.11). 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,
    procedure = 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 `procedure` и объявления аргументов. Предложе-

ние commutator, добавленное в данном примере, представляет необязательную подсказку для оптимизатора запросов. Подробнее о commutator и других подсказках для оптимизатора рассказывается в следующем разделе.

# 37.13. 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 10.11.

## 37.13.1. 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.

### 37.13.2. NEGATOR

Предложение NEGATOR, если присутствует, задаёт оператор, обратный к определяемому. Оператор A является обратным к оператору B, если они оба возвращают булевский 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.

### 37.13.3. 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 < или <=
scalargtsel для > или >=

Может показаться немного странным, что выбраны именно эти категории, но, если подумать, это имеет смысл. Оператор = обычно оставляет только небольшой процент строк в таблице, а <> отбрасывает то же количество. Оператор < оставляет процент, зависящий от того, в какой диапазон значений определённого столбца таблицы попадает заданная константа (информация об этих диапазонах собирается командой ANALYZE и предоставляется оценщику избирательности). Оператор <= оставляет чуть больший процент, чем <, при сравнении с той же константой, но они настолько близки, что различать их не имеет смысла, так как это не даст лучшего результата, чем просто угадывание. Подобные замечания применимы и к операторам > и >=.

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 и scalargtsel 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 эта функция должна быть заменена специализированными функциями, которые будут устанавливаться для конкретных типов в определённом столбце системного каталога pg_type; но сейчас это не так.) Если вы этого не сделаете, всё будет работать, но оценки оптимизатора будут не так хороши, как могли бы быть.

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.

### 37.13.4. 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 < или <=
scalargtjoinsel для > или >=
areajoinsel для сравнений областей в плоскости
positionjoinsel для сравнения положений в плоскости
contjoinsel для проверки на включение в плоскости

### 37.13.5. 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 ис-

пользовать 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.)

### 37.13.6. `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.

# 37.14. 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.

## 37.14.1. 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 60).

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 процедуры*, 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.

## 37.14.2. 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 37.2.

**Таблица 37.2. 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 37.3.

**Таблица 37.3. 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 37.4. 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 37.4. 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 |

| Операция | Номер стратегии |
|---|---|
| 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 37.5 приведены номера стратегий, установленные для встроенных классов операторов для точек.

**Таблица 37.5. 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 37.6 приведены номера стратегий, установленные для встроенного класса операторов для массивов.

**Таблица 37.6. Стратегии GIN для массивов**

| Операция | Номер стратегии |
|---|---|
| пересекается с | 1 |
| содержит | 2 |
| содержится в | 3 |
| 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 37.7 приведены номера стратегий, используемые встроенными классами операторов `Minmax`.

**Таблица 37.7. 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 37.14.7.)

## 37.14.3. 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.

Для B-деревьев требуется одна опорная функция, а вторая задаётся по выбору разработчика класса операторов, как показано в Таблице 37.8.

**Таблица 37.8. 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 |
| Возвращает адрес вызываемой из C функции(й), поддерживающей сортировку, как описано в `utils/sortsupport.h` (необязательная) | 2 |

Для хеш-индексов требуется одна опорная функция, указанная в Таблице 37.9.

**Таблица 37.9. Опорные функции хеша**

| Функция | Номер опорной функции |
|---|---|
| Вычисляет значение хеша для ключа | 1 |

Для индексов GiST требуются девять опорных функций, две из которых необязательны; они описаны в Таблице 37.10. (За дополнительными сведениями обратитесь к Главе 62.)

**Таблица 37.10. 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 |

| Функция | Описание | Номер опорной функции |
|---|---|---|
| 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 |
| fetch | вычисляет исходное представление сжатого ключа для сканирования только по индексу ( необязательная) | 9 |

Для индексов SP-GiST требуются пять опорных функций, описанных в Таблице 37.11. (За дополнительными сведениями обратитесь к Главе 63.)

**Таблица 37.11. 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 |

Для индексов GIN требуются шесть опорных функций, три из которых необязательны; они описаны в Таблице 37.12. (За дополнительными сведениями обратитесь к Главе 64.)

**Таблица 37.12. 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 (булевская вариация) (не требуется, если присутствует опорная функция 6) | 4 |

| Функция | Описание | Номер опорной функции |
|---|---|---|
| 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 |

Для индексов BRIN требуются четыре базовые опорные функции, перечисленные в Таблице 37.13; для этих базовых функций может потребоваться предоставить дополнительные опорные функции. (За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 65.3.)

**Таблица 37.13. 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 |

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.

## 37.14.4. 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 37.12. 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. Заметьте, что для случаев меньше, равно и больше следует использовать другие функции оценки избирательности.

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 опера-

тор = 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`.

## 37.14.5. 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 связанные, но не существенные 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) ;

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) ;

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) ;

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) ;
```

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, то есть для всех типов данных, поддерживаемых семейством, должны действовать транзитивные законы: «если A = B и B = C, то A = C», и «если A < B и B < C, то A < C». Более того, неявное

или двоичное приведение типов, представленных в семействе операторов, не должно влиять на порядок сортировки. 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 включить 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.

## 37.14.6. 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.

Сравнение массивов пользовательских типов также зависит от семантики, определённой классом операторов B-дерева 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 этот вид класса поддерживает только равенство, на практике его достаточно только для проверки равенства массивов.

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.

Также важно отметить, что оператор, 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.

## 37.14.7. Операторы упорядочивания

Некоторые методы доступа индексов (в настоящее время только 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 булевские 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 `<->`.

## 37.14.8. 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.

# 37.15. Упаковывание 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 37.15.4.) 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 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.

## 37.15.1. Определение объектов расширения

В широко распространяемых расширениях должны закладываться минимальные предположения о базе данных, которую они занимают. В частности, пока не выполнена команда `SET search_path = pg_temp`, можно считать, что каждое неполное имя может быть разрешено в объект, созданный злонамеренным пользователем. Опасайтесь конструкций, явно зависящих от `search_path`: `IN` и `CASE` *выражение* `WHEN` всегда выбирают оператор по пути поиска. Вместо них следует использовать `OPERATOR(`*схема*`.=) ANY` и `CASE WHEN` *выражение*.

## 37.15.2. 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 присвоений *`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. Если он равен `false`, для этого будет достаточно прав, необходимых для выполнения команд в установочном скрипте или скрипте обновления.

`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 37.15.3.

`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 37.15.3.

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 37.15.7). 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.

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.

## 37.15.3. 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 выбран-

ной 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 определёно 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@;
```

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 файле управления указаны какие-либо расширения, необходимые для данного, их целевые схемы добавляются к начальному значению search_path. Благодаря этому, их объекты видны для скрипта нового расширения.

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.

## 37.15.4. 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.

Последовательности, связанные со столбцами serial или bigserial, не обязательно помечать непосредственно, чтобы их состояние было сохранено. Для этой цели достаточно пометить только их родительское отношение.

## 37.15.5. 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.

Механизм обновления может использоваться для решения важной особой задачи: преобразование «разрозненной» коллекции объектов в расширение. До того как механизм расширений появился в PostgreSQL (в версии 9.1), многие писали модули разрешений, которые просто создавали мно-

жество неупакованных объектов. Но если у нас уже есть база данных с такими объектами, как их можно преобразовать в правильно упакованное расширение? Один из вариантов — удалить их и затем выполнить простую команду CREATE EXTENSION, но это нежелательно, если у объектов есть зависимости (например, если в таблицах есть столбцы типа данных, созданного расширением). Чтобы исправить эту ситуацию, можно создать пустое расширение, затем с помощью команды ALTER EXTENSION ADD добавить в него каждый существующий объект, и наконец, создать все новые объекты, которые есть в текущей версии расширения, но отсутствуют в неупакованном варианте. CREATE EXTENSION поддерживает этот сценарий предложением FROM *старая_версия*, с которым она не будет запускать обычный установочный скрипт для целевой версии, а запустит вместо этого скрипт обновления с именем *расширение*--*старая_версия*--*новая_версия*.sql. В качестве имени *старая_версия* автор расширения может выбрать любое фиктивное имя, но обычно задаётся unpackaged. Если у вас несколько предыдущих версий, которые нужно привести к стилю расширения, выберите разные фиктивные имена версий, чтобы различить их.

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,'--').

## 37.15.6. 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.

## 37.15.7. 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 OR REPLACE FUNCTION pair(text, text)
RETURNS pair LANGUAGE SQL AS 'SELECT ROW($1, $2)::@extschema@.pair;';

CREATE OPERATOR ~> (LEFTARG = text, RIGHTARG = text, PROCEDURE = pair);

-- "SET search_path" is easy to get right, but qualified names perform better.
CREATE OR REPLACE FUNCTION lower(pair)
RETURNS pair LANGUAGE SQL
AS 'SELECT ROW(lower($1.k), lower($1.v))::@extschema@.pair;'
SET search_path = pg_temp;

CREATE OR REPLACE 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'
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 37.16. 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.

## 37.16. 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 и текстовый файл документации:

```
MODULES = isbn_issn
EXTENSION = isbn_issn
DATA = isbn_issn--1.0.sql
DOCS = README.isbn_issn

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

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

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.

> **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/, 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 триг-

геров 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 несекционированных таблиц и сторонних таблиц, 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).

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.

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 программирова-

ния, 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 46.4. Пример в Разделе 38.4 содержит демонстрацию этих правил.

## 38.3. Триггерные функции на языке C

Этот раздел описывает низкоуровневые детали интерфейса для триггерной функции. Эта информация необходима только при разработке триггерных функций на C. При использовании языка более высокого уровня эти детали обрабатываются автоматически. В большинстве случаев необходимо рассмотреть использование 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;
    Buffer           tg_trigtuplebuf;
    Buffer           tg_newtuplebuf;
    Tuplestorestate *tg_oldtable;
    Tuplestorestate *tg_newtable;
} 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;
    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_trigtuplebuf`

Буфер, содержащий `tg_trigtuple`, или содержащий `InvalidBuffer` — если нет такой строки или она не хранится в дисковом буфере.

`tg_newtuplebuf`

Буфер, содержащий `tg_newtuple`, или содержащий `InvalidBuffer` — если нет такой строки или она не хранится в дисковом буфере.

`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.

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)
        &amp;&amp; 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 37.9.5) объявляем функцию и триггеры:

```
CREATE FUNCTION trigf() RETURNS trigger
    AS 'filename'
    LANGUAGE C;

CREATE TRIGGER tbefore BEFORE INSERT OR UPDATE OR DELETE ON ttest
    FOR EACH ROW EXECUTE PROCEDURE trigf();

CREATE TRIGGER tafter AFTER INSERT OR UPDATE OR DELETE ON ttest
    FOR EACH ROW EXECUTE PROCEDURE 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 9.28). 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 9.28). Обратите внимание, что триггер выполняется после удаления объектов из таблиц системного каталога, поэтому их невозможно больше увидеть.

Событие `table_rewrite` происходит только после того, 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.

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 | **Замечания** |
|---|---|---|---|---|---|
| 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 PUBLICATION | X | X | - | - | |
| ALTER SCHEMA | X | X | - | - | |

| **Тег команды** | ddl_command_start | ddl_command_end | sql_drop | table_rewrite | **Замечания** |
|---|---|---|---|---|---|
| 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 | – | – | |
| 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 | – | – | |

| **Тег команды** | ddl_command_start | ddl_command_end | sql_drop | table_rewrite | **Замечания** |
|---|---|---|---|---|---|
| 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 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 | – | – | |
| 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 | – | – | |

| **Тег команды** | ddl_command_start | ddl_command_end | sql_drop | table_rewrite | **Замечания** |
|---|---|---|---|---|---|
| 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 PUBLICATION | 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 | **Замечания** |
|---|---|---|---|---|---|
| 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

Этот раздел описывает низкоуровневые детали интерфейса для триггерной функции. Эта информация необходима только при разработке триггерных функций событий на языке C. При использовании языка более высокого уровня, эти детали обрабатываются автоматически. В большинстве случаев необходимо рассмотреть использование процедурного языка прежде чем начать разрабатывать триггеры событий на C. В документации по каждому процедурному языку объясняется как создавать триггеры событий 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 */
    const char *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", trigdata->tag)));

    PG_RETURN_NULL();
}
```

После компиляции исходного кода (см. Подраздел 37.9.5) объявляем функцию и триггеры:

```
CREATE FUNCTION noddl() RETURNS event_trigger
    AS 'noddl' LANGUAGE C;

CREATE EVENT TRIGGER noddl ON ddl_command_start
    EXECUTE PROCEDURE noddl();
```

Теперь проверим работу триггера:

```
=# \dy
                      List of event triggers
 Name  |       Event       | Owner | Enabled | Procedure | Tags
-------+-------------------+-------+---------+-----------+------
 noddl | ddl_command_start | dim   | enabled | noddl     |
(1 row)

=# CREATE TABLE foo(id serial);
ERROR:  Команда "CREATE TABLE" отменена
```

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 PROCEDURE 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
    ORDER 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`:

```
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 необхо-

димости. 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 0.00000000000000000001;

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 37.9.5. 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] [PROCEDURAL] 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 триггерных 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;

CREATE FUNCTION plperl_validator(oid) RETURNS void AS
    '$libdir/plperl' LANGUAGE C STRICT;
```

Следующая команда:

```
CREATE TRUSTED PROCEDURAL LANGUAGE plperl
    HANDLER plperl_call_handler
    INLINE plperl_inline_handler
    VALIDATOR plperl_validator;
```

определяет, что ранее объявленные функции должны вызываться для функций и триггерных 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 обра-

ботчики 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 и триггеров,
- добавляет управляющие структуры к языку SQL,
- может выполнять сложные вычисления,
- наследует все пользовательские типы, функции 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 именованные составные типы (строковый тип). Также есть возможность объявить функцию на PL/pgSQL, возвращающую `record`, это означает, что результатом яв-

ляется строковый тип, чьи столбцы будут определены в спецификации 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 37.4.5.

Функции на PL/pgSQL могут принимать и возвращать полиморфные типы anyelement, anyarray, anynonarray, anyenum и anyrange. В таких случаях фактические типы данных могут меняться от вызова к вызову, как описано в Подраздел 37.2.5. Пример показан 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.

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. Функции и триггерные процедуры всегда выполняются в рамках транзакции, начатой во внешнем запросе — они не могут начать или завершить эту транзакцию, так как у них внутри нет контекста для выполнения таких действий. Однако блок содержащий секцию EXCEPTION создаёт вложенную транзакцию, которая может быть отменена, не затрагивая внешней транзакции. Подробнее это описано в Подразделе 42.6.6.

# 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 37.4.4, здесь фактически создаётся анонимный тип `record` для возвращения результата функции. Если используется предложение `RETURNS`, то оно должна 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 (`anyelement`, `anyarray`, `anynonarray`, `anyenum`, `anyrange`), создаётся специальный параметр `$0`. Его тип данных соответствует типу, фактически возвращаемому функцией, и который устанавливается на основании фактических типов входных параметров (см. Подраздел 37.2.5). Это позволяет функции получить доступ 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;
```

### 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 процедуре.

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 *строковой* переменной (или переменной *типа строки*). Значением такой переменной может быть целая строка, полученная в результате выполнения запроса SELECT или FOR, при условии, что набор столбцов запроса соответствует заявленному типу переменной. Доступ к отдельным значениям полей строковой переменной осуществляется, как обычно, через точку, например rowvar.field.

Строковая переменная 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 строковой переменной, поля которой можно выбирать, например $1.user_id.

Только определённые пользователем столбцы таблицы доступны в переменной строкового типа, но не OID или другие системные столбцы (потому что это может быть строка представления). Поля строкового типа наследуют размер и точность от типов данных столбцов таблицы, таких как char(*n*).

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 строкового типа, 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 присвоении 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 исполнения.

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 42.10.1. 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 42.10.2.

# 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

Присвоение 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 переменная строкового типа или типа record). Целевая переменная может быть простой переменной (возможно, дополненной именем блока), полем в переменной строкового типа или записи; или элементом массива, который является простой переменной или полем. Для присвоения 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 42.10.1.

При выполнении SQL-команды таким образом, PL/pgSQL может кешировать и повторно использовать план выполнения команды, как обсуждается в Подразделе 42.10.2.

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 строкового типа 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`, строковой переменной 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 утилит, 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 переменной строкового типа 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 строковому типу 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: $1 = '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 42.6.4.

## 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 42.10.2), 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 плана кеширования 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 используется переменная строкового типа или список переменных, то они должны в точности соответствовать структуре результата запроса (когда используется переменная типа record, она автоматически приводится к строковому типу 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 исполнения 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 42.11.1, 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, по ситуации заключённый в двойные или одинарные кавычки 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. Раздел 9.4). 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 42.6.6.1). 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 |

| Имя | Тип | Описание |
|---|---|---|
| RESULT_OID | oid | OID последней строки, вставленной предыдущей командой SQL (полезен только после команды INSERT для таблицы, содержащей OID) |
| PG_CONTEXT | text | строки текста, описывающие текущий стек вызовов (см. Подраздел 42.6.7) |

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 для возврата 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, чтобы вернуть составной тип (строку), 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 исполнения. 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 запрос;
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 если нет, выдать исключение.
    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. 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`

### 42.6.2.1. 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;
```

### 42.6.2.2. 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;
```

### 42.6.2.3. 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`.

#### 42.6.2.4. 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;
```

#### 42.6.2.5. `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.

### 42.6.3. Простые циклы

Операторы LOOP, EXIT, CONTINUE, WHILE, FOR и FOREACH позволяют повторить серию команд в функции на PL/pgSQL.

### 42.6.3.1. 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.

### 42.6.3.2. 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;
```

### 42.6.3.3. 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;
```

### 42.6.3.4. 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;
```

### 42.6.3.5. 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*.

## 42.6.4. 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 строковой переменной, 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 42.10.1 и Подразделе 42.10.2.

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.

## 42.6.5. 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}
```

## 42.6.6. Обработка ошибок

По умолчанию любая возникающая ошибка прерывает выполнение функции на PL/pgSQL, а также транзакцию, относящуюся к этой функции. 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 А. 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, будут отменены все изменения в базе данных, выполненные в блоке. 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 присвоении 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.

### 42.6.6.1. 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) |

| Имя | Тип | Описание |
|---|---|---|
| PG_EXCEPTION_CONTEXT | text | строки текста, описывающие стек вызовов в момент исключения (см. Подраздел 42.6.7) |

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;
```

## 42.6.7. 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.

## 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` *запрос*

OPEN *несвязанная_переменная_курсора* [[NO] SCROLL] FOR *запрос*;

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 42.10.2). 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 из курсора в *цель*. В качестве *цели* может быть строковая переменная, переменная типа `record`, или разделённый запятыми список простых переменных, как и в `SELECT INTO`. Если следующей строки нет, *цели* присваивается NULL. Как и в `SELECT INTO`, проверить, была ли получена запись, можно при помощи специальной переменной `FOUND`.

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 переместился. Как и в `SELECT INTO`, проверить успешность перемещения можно с помощью специальной переменной `FOUND`.

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. Сообщения и ошибки

## 42.8.1. 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 *формат* (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 А, 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 условия, ни код SQLSTATE, по умолчанию выдаётся исключение ERRCODE_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 ре-

комендуется использовать коды ошибок, которые заканчиваются на 000, потому что так обозначаются коды категорий. И чтобы их перехватить, нужно перехватывать целую категорию.

### 42.8.2. Проверка утверждений

Оператор ASSERT представляет удобное средство вставлять отладочные проверки в функции PL/pgSQL.

```
ASSERT условие [ , сообщение ];
```

Здесь *условие* — это булевское 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 булевское 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).

## 42.9. Триггерные процедуры

В PL/pgSQL можно создавать триггерные процедуры, которые будут вызываться при изменениях данных или событиях в базе данных. Триггерная процедура 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.

### 42.9.1. 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 этой переменной значение не присваивается.

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 этой переменной значение не присваивается.

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 процедуру.

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 процедуры в PL/pgSQL.

**Пример 42.3. Триггерная процедура 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 PROCEDURE emp_stamp();
```

Другой вариант вести журнал 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 процедуры в PL/pgSQL.

**Пример 42.4. Триггерная процедура 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(), user, OLD.*;
        ELSIF (TG_OP = 'UPDATE') THEN
            INSERT INTO emp_audit SELECT 'U', now(), user, NEW.*;
        ELSIF (TG_OP = 'INSERT') THEN
            INSERT INTO emp_audit SELECT 'I', now(), 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 PROCEDURE 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. Триггер 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', 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', 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', 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 PROCEDURE 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 показывает триггерную процедуру в PL/pgSQL, которая поддерживает таблицу итогов для таблицы фактов в хранилище данных.

**Пример 42.6. Триггерная процедура на PL/pgSQL для ведения таблицы итогов**

Представленная здесь схема данных частично основана на примере *Grocery Store* из книги *The Data Warehouse Toolkit* (автор 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 'Запрещено изменение time_key : % -> %',
                                              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 PROCEDURE 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(), user, o.* FROM old_table o;
```

```
        ELSIF (TG_OP = 'UPDATE') THEN
            INSERT INTO emp_audit
                SELECT 'U', now(), user, n.* FROM new_table n;
        ELSIF (TG_OP = 'INSERT') THEN
            INSERT INTO emp_audit
                SELECT 'I', now(), 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 PROCEDURE 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 PROCEDURE process_emp_audit();
CREATE TRIGGER emp_audit_del
    AFTER DELETE ON emp
    REFERENCING OLD TABLE AS old_table
    FOR EACH STATEMENT EXECUTE PROCEDURE process_emp_audit();
```

### 42.9.2. Триггеры событий

В PL/pgSQL можно создавать событийные триггеры. PostgreSQL требует, чтобы процедура, 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 показывает пример процедуры событийного триггера в PL/pgSQL.

**Пример 42.8. Процедура событийного триггера в 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 $$
BEGIN
    RAISE NOTICE 'Произошло событие: % %', tg_event, tg_tag;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;

CREATE EVENT TRIGGER snitch ON ddl_command_start EXECUTE PROCEDURE snitch();
```

## 42.10. PL/pgSQL изнутри

В этом разделе обсуждаются некоторые детали реализации, которые пользователям PL/pgSQL важно знать.

## 42.10.1. 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 текущей сессии. 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 называются утилиты), необходимо построить текст команды в виде строки и выполнить её в `EXECUTE`.

## 42.10.2. Кеширование плана

Интерпретатор PL/pgSQL анализирует исходный текст функции и строит внутреннее бинарное дерево инструкций при первом вызове функции (для каждой сессии). 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 текущей сессии. 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 построить 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 всей сессии. 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 присвоении локальной переменной `curtime` интерпретатор PL/pgSQL приводит эту строку к типу `timestamp`, вызывая функции `text_out` и `timestamp_in`. Таким образом, метка времени будет обновляться при каждом выполнении, как и ожидается программистом. И хотя всё работает как ожидалось, это ужасно неэффективно, поэтому использование функции `now()` по-прежнему значительно лучше.

# 42.11. 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.

## 42.11.1. 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.

## 42.11.2. Дополнительные проверки во время компиляции

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.

Для включения этих проверок используются параметры конфигурации `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 доступна только одна проверка:

`shadowed_variables`

Проверяет, что объявление новой переменной не скрывает ранее объявленную переменную.

Следующий пример показывает эффект присвоения `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
```

# 42.12. 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. Присвоения, 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 42.10.1. 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 42.11.1.)
- 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 42.6.3.5.)
- 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.

## 42.12.1. 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 FUNCTION cs_update_referrer_type_proc() RETURNS void 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 42.12.3 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;
    PRAGMA AUTONOMOUS_TRANSACTION; -- 1
BEGIN
```

```
    LOCK TABLE cs_jobs IN EXCLUSIVE MODE; -- 2

    SELECT count(*) INTO a_running_job_count FROM cs_jobs WHERE end_stamp IS NULL;

    IF a_running_job_count > 0 THEN
        COMMIT; -- снять блокировку 3
        raise_application_error(-20000,
                'Не удалось создать новое задание. Задание сейчас выполняется.');
    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
```

Подобные процедуры легко преобразуются в функции PostgreSQL, возвращающие `void`. На примере этой процедуры можно научиться следующему:

1. В PostgreSQL нет оператора `PRAGMA`.
2. Если выполнить `LOCK TABLE` в PL/pgSQL, блокировка не будет снята, пока не завершится вызывающая транзакция.
3. В функции на PL/pgSQL нельзя использовать `COMMIT`. Функция работает в рамках некоторой внешней транзакции, и поэтому `COMMIT` будет означать прекращение выполнения функции. Однако в данном конкретном случае в этом нет необходимости, потому что блокировка, полученная командой `LOCK TABLE`, будет снята при вызове ошибки.

В PL/pgSQL эту процедуру можно портировать так:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION cs_create_job(v_job_id integer) RETURNS void 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
        RAISE EXCEPTION 'Не удалось создать новое задание. Задание сейчас
 выполняется.'; -- 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;
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 А). В настоящее время нет способа задать пользовательское имя исключения, хотя вместо этого можно вызывать ошибку с заданным пользователем значением SQLSTATE.

Основное функциональное отличие между этой процедурой и Oracle эквивалента в том, что монопольная блокировка таблицы `cs_jobs` будет продолжаться до окончания вызывающей транзакции. Кроме того, если впоследствии работа вызывающей программы прервётся (например из-за ошибки), произойдёт откат всех действий, выполненных в этой процедуре.

## 42.12.2. 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.

### 42.12.2.1. 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.

### 42.12.2.2. `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.

### 42.12.2.3. 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;
```

## 42.12.3. 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 триггерных процедур.

## 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`.

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;
```

## 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

Для обращения к базе данных из тела функции на PL/Tcl предназначены следующие команды:

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.

Необязательное значение -count задаёт для spi_exec максимальное число строк, которое должно быть обработано в команде. Его действие можно представить как выполнение FETCH *n* для курсора, предварительно подготовленного для команды.

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 *запрос 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.

spi_lastoid

Возвращает OID строки, вставленной последней командой spi_exec или spi_execp, если этой командой был оператор INSERT с одной строкой и изменяемая таблица содержит OID. (В противном случае вы получите ноль.)

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. Процедуры триггеров на PL/Tcl

На PL/Tcl можно написать триггерные процедуры. PostgreSQL требует, чтобы процедура, которая будет вызываться как триггерная, была объявлена как функция без аргументов и возвращала тип `trigger`.

Информация от менеджера триггеров передаётся в тело процедуры в следующих переменных:

`$TG_name`

Имя триггера из оператора `CREATE TRIGGER`.

`$TG_relid`

Идентификатор объекта таблицы, для которой будет вызываться триггерная процедура.

`$TG_table_name`

Имя таблицы, для которой будет вызываться триггерная процедура.

`$TG_table_schema`

Схема таблицы, для которой будет вызываться триггерная процедура.

`$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 процедуры, заданных в операторе `CREATE TRIGGER`. Эти аргументы также доступны под обозначениями `$1` ... `$`*`n`* в теле процедуры.

Возвращаемым значением триггерной процедуры 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 процедуру, 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 PROCEDURE trigfunc_modcount('modcnt');
```

Заметьте, что сама триггерная процедура не знает имени столбца; оно передаётся в аргументах триггера. Это позволяет применять эту триггерную процедуру для различных таблиц.

# 43.7. Процедуры событийных триггеров в PL/Tcl

На PL/Tcl можно написать процедуры событийных триггеров. PostgreSQL требует, чтобы процедура, которая будет вызываться как событийный триггер, была объявлена как функция без аргументов и возвращала тип `event_trigger`.

Информация от менеджера триггеров передаётся в тело процедуры в следующих переменных:

`$TG_event`

Имя события, при котором срабатывает этот триггер.

`$TG_tag`

Тег команды, для которой срабатывает этот триггер.

Возвращаемое значение триггерной процедуры игнорируется.

В этом примере мини-процедура 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 PROCEDURE 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 А). 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. 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`.

# 43.11. 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 PostgreSQL на *языке программирования Perl*.

Основным преимуществом PL/Perl является то, что он позволяет применять в сохранённых функциях 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 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.

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` (Пе-

ременная "%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`.

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.

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 опредёлённых 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.

# 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(`*`запрос`* `[, `*`макс-строк`*`])`

`spi_exec_query` выполняет команду SQL и возвращает весь набор строк в виде ссылки на массив хешей. *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 стро-

ку 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.

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)
```

## 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.

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 PROCEDURE 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 процедуры 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 PROCEDURE 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 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 и настроить дерево исходного кода дважды.

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 модифицировать `pg_pltemplate`, чтобы имя `plpythonu` было равнозначно `plpython3u`, отдавая себе отчёт в том, 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 funcname (argument-list)
  RETURNS return-type
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 применением именованных аргументов 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.

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 присвоение `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 `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 `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 $$
  return ( name, value )
  # или альтернативный вариант, в виде кортежа: return [ name, value ]
$$ 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();
```

## 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(`*запрос* `[, `*макс-строк*`])`

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.

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(`*`запрос`* `[, `*`типы_аргументов`*`])`
`plpy.execute(`*`план`* `[, `*`аргументы`* `[, `*`макс-строк`*`]])`

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(запрос)
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 $$
from plpy import spiexceptions
try:
    plan = plpy.prepare("INSERT INTO fractions (frac) VALUES ($1 / $2)", ["int",
 "int"])
    plpy.execute(plan, [numerator, denominator])
except spiexceptions.DivisionByZero:
    return "denominator cannot equal zero"
except spiexceptions.UniqueViolation:
    return "already have that fraction"
except plpy.SPIError, e:
    return "other error, SQLSTATE %s" % e.sqlstate
else:
    return "fraction inserted"
$$ 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 $$
try:
    plpy.execute("UPDATE accounts SET balance = balance - 100 WHERE account_name =
 'joe'")
    plpy.execute("UPDATE accounts SET balance = balance + 100 WHERE account_name =
 'mary'")
except plpy.SPIError, e:
    result = "error transferring funds: %s" % e.args
else:
    result = "funds transferred correctly"
plan = plpy.prepare("INSERT INTO operations (result) VALUES ($1)", ["text"])
plpy.execute(plan, [result])
$$ 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 вы можете 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 $$
try:
    with plpy.subtransaction():
        plpy.execute("UPDATE accounts SET balance = balance - 100 WHERE account_name =
 'joe'")
        plpy.execute("UPDATE accounts SET balance = balance + 100 WHERE account_name =
 'mary'")
except plpy.SPIError, e:
    result = "error transferring funds: %s" % e.args
else:
    result = "funds transferred correctly"
plan = plpy.prepare("INSERT INTO operations (result) VALUES ($1)", ["text"])
plpy.execute(plan, [result])
$$ LANGUAGE plpythonu;
```

Заметьте, что конструкция `try/catch` 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 2.6. В PL/Python с более старой версией Python тоже возможно использовать явные подтранзакции, хотя и не так прозрачно. При этом вы можете вызывать методы `__enter__` и `__exit__` менеджера контекста 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, 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;
```

> **Примечание**
>
> Хотя менеджеры контекста были реализованы в 2.5, для использования синтаксиса `with` в этой версии нужно применить *«будущий оператор»*. Однако по техническим причинам «будущие операторы» в функциях PL/Python использовать нельзя.

## 45.9. 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)` рав-

нозначны 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)))
```

## 45.10. 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. 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 процедур. Большинство этих средств основаны на SPI, так что эта документация будет полезна и тем, кто использует эти языки.

Во избежание недопонимания мы будем употреблять слово «функция», говоря о функциях SPI, и слово «процедура», говоря о пользовательских функциях, написанных на C, и использующих SPI.

Учтите, что если команда, вызванная через SPI, прерывается ошибкой, управление не возвращается в вашу процедуру. Вместо этого происходит откат транзакции или подтранзакции, из которой вызывалась ваша процедура. (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 — подключить процедуру к менеджеру SPI

# Синтаксис

```
int SPI_connect(void)
```

## Описание

`SPI_connect` устанавливает подключение вызова процедуры к менеджеру SPI. Эту функцию необходимо вызвать, если вы хотите выполнять команды через SPI. Некоторые вспомогательные функции SPI могут вызываться из неподключённых процедур.

## Возвращаемое значение

`SPI_OK_CONNECT`

при успехе

`SPI_ERROR_CONNECT`

при ошибке

# SPI_finish

SPI_finish — отключить процедуру 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 процедуры. 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 процедуры

# 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 процедуры.

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 командой (последней), 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 об-

ратиться 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
{
    MemoryContext tuptabcxt;    /* контекст таблицы результатов в памяти */
    uint64      alloced;        /* число занятых значений */
    uint64      free;           /* число свободных значений */
    TupleDesc   tupdesc;        /* дескриптор строки */
    HeapTuple  *vals;           /* данные строк */
} SPITupleTable;
```

vals представляет собой массив указателей на строки. (Число записей в нём указывается в SPI_processed.) Поле tupdesc содержит дескриптор строки, который вы сможете передать функциям SPI, работающими со строками. Поля tuptabcxt, alloced и free предназначены для внутреннего использования, а не для процедур, работающих с SPI.

SPI_finish освобождает все структуры SPITupleTable, размещённые в памяти для текущей процедуры. 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 процедуры

## Замечания

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 процедуры, 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 процедуры, 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`.

## Замечания

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 процедуры.

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`.

## Замечания

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 процедуры (на самом деле он может просуществовать до конца текущей транзакции). Возвратив имя портала в код, вызывающий процедуру, 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

# 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.

### Замечания

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

## Замечания

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.

### Замечания

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.

### Замечания

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 процедуры 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`

## Замечания

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 процедуры 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 процедуры

## Замечания

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 процедуры

`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 процедуры

`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 процедуры

`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 процедурах.

# 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, `oid`), 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.

# 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 процедуры освобождение временной памяти, выделенной внутри процедуры, во избежание утечки памяти.

Однако если ваша процедура 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 процедура 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 процедуры. Некоторые из вспомогательных процедур, описанных в этом разделе, также возвращают объекты, созданные в верхнем контексте исполнителя.

Когда вызывается `SPI_connect`, текущим контекстом становится частный контекст процедуры, 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 процедура отключается от менеджера SPI (выполняя `SPI_finish`), текущим контекстом снова становится верхний контекст исполнителя, а вся память, выделенная в контексте процедуры, 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 процедура, 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 процедуры SPI, 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. 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 K, видны во всех командах, запущенных после K, независимо от того, были ли эти команды запущены из K (во время выполнения K) или после завершения K.
- 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.

# 46.5. Примеры

Этот раздел содержит очень простой пример использования SPI. Процедура `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"

#ifdef PG_MODULE_MAGIC
PG_MODULE_MAGIC;
#endif

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)
    {
        TupleDesc tupdesc = SPI_tuptable->tupdesc;
        SPITupleTable *tuptable = SPI_tuptable;
        char buf[8192];
        uint64 j;

        for (j = 0; j < proc; 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 37.9.5):

```
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', 1);
 execq
-------
     1
(1 row)

=> SELECT execq('SELECT * FROM a', 10);
INFO:  EXECQ:  0
INFO:  EXECQ:  1
INFO:  EXECQ:  2    -- 0 + 2, вставлена только одна строка - как указано

 execq
-------
     3              -- 10 — только максимальное значение, 3 — реальное число строк
(1 row)

=> DELETE FROM a;
DELETE 3
=> INSERT INTO a VALUES (execq('SELECT * FROM a', 0) + 1);
INSERT 0 1
=> SELECT * FROM a;
 x
---
 1                  -- нет строк в a (0) + 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                  -- была одна строка в a + 1
(2 rows)

-- Этот пример демонстрирует правило видимости изменений в данных:
```

```
=> INSERT INTO a SELECT execq('SELECT * FROM a', 0) * x FROM a;
INFO:  EXECQ:  1
INFO:  EXECQ:  2
INFO:  EXECQ:  1
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)               ^^^^^^
                       строки, видимые в execq() при разных вызовах
```

# 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 фоновый 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 функции `RegisterBackgroundWorker`, которую можно вызывать только из управляющего процесса, `RegisterDynamicBackgroundWorker` должна вызываться из обычного обслуживающего процесса.

Структура `BackgroundWorker` определяется так:

```
typedef void (*bgworker_main_type)(Datum main_arg);
typedef struct BackgroundWorker
{
    char        bgw_name[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;
```

Поле `bgw_name` содержит строку, выводимую в отладочных сообщениях, списках процессов и подобных контекстах.

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*) или BackgroundWorkerInitializeConnectionByOid(*Oid dboid*, *Oid useroid*). Через это подключение процесс сможет выполнять транзакции и запросы, используя функции 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. Рабочий процесс может вызывать только одну из двух этих 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 его PID. В противном случае возвращается значение BGWH_STOPPED или BGWH_POSTMASTER_DIED.

Если фоновый рабочий процесс передаёт асинхронные уведомления, вызывая команду NOTIFY через SPI (Server Programming Interface, Интерфейс программирования сервера), он должен явно вызвать ProcessCompletedNotifies после фиксации окружающей транзакции, чтобы все эти уведомления были доставлены. Если рабочий процесс зарегистрируется для получения асинхронных уведомлений, вызвав LISTEN через SPI, уведомления будут выводиться, но перехватить и обработать эти уведомления программным образом нет возможности.

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.

> **Примечание**
>
> Слоты репликации сохраняются при сбоях сервера и ничего не знают о состоянии их потребителя(ей). 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. 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.

Создание снимка возможно не всегда. В частности, невозможно создать снимок при подключении к горячему резерву. 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 9.26.6.

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;
    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 и shutdown_cb могут отсутствовать.

## 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 присвоения идентификатора транзакции, запрещаются. В частности, к этим действиям относятся операции записи в таблицы, изменения DDL и вызов `txid_current()`.

## 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;
} OutputPluginOptions;
```

В поле `output_type` должно быть значение `OUTPUT_PLUGIN_TEXTUAL_OUTPUT` или `OUTPUT_PLUGIN_BINARY_OUTPUT`. См. также Подраздел 48.6.3.

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 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.

#### 48.6.4.7. 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

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.

# 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 замусориванием 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 ]
```

## 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.

## Замечания

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.

## Замечания

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. За подробностями обратитесь к Разделу «Замечания».

## 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 опре-

делённом 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.

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.

## Замечания

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
    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
    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).

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. Заданные на уровне схемы права по умолчанию добавляются к тем, что определены глобально для конкретного типа объекта.

Как объясняется в GRANT, 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`.

## Параметры

*`целевая_роль`*

Имя существующей роли, членом которой является текущая. Если `FOR ROLE` опущено, 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 вместе с `ON SCHEMAS`, 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.

# Замечания

Чтобы узнать текущие назначенные права по умолчанию, воспользуйтесь командой `\ddp` в psql. Интерпретация значений прав приведена в описании команды `\dp` в GRANT.

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;
```

## 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
```

## 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 с тем же синтаксисом, что описан в CREATE DOMAIN. 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 данные в столбцах с этим доменом 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 данные в столбцах на соответствие ограничению.

`CASCADE`

Автоматически удалять объекты, зависящие от данного ограничения, и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.13).

`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.

## Замечания

В настоящее время команды `ALTER DOMAIN ADD CONSTRAINT`, `ALTER DOMAIN VALIDATE CONSTRAINT` и `ALTER DOMAIN SET NOT NULL` выдают ошибку, если проверяемый указанный домен или производный от него используется в столбце составного типа в любой таблице БД. 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 ] TRIGGER`

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 |
  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 37.15.

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 объекта, добавляемого или удаляемого из расширения. Имена таблиц, агрегатных функций, доменов, сторонних таблиц, функций, операторов, классов операторов, семейств операторов, 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 обычной или агрегатной функции: 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 обычной или агрегатной функции. 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 обычной или агрегатной функции.

*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 дей-

ствие 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 WITH OIDS
    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 WITH OIDS`

Эта форма добавляет в таблицу системный столбец `oid` (см. Раздел 5.4). Если в таблице уже есть такой столбец, она не делает ничего. Обёртка сторонних данных должна поддерживать OID, иначе из этого столбца будут читаться просто нулевые значения.

Заметьте, что это не равнозначно команде `ADD COLUMN oid oid` (эта команда добавит не системный, а обычный столбец с подходящим именем `oid`).

`SET WITHOUT OIDS`

Эта форма удаляет из таблицы системный столбец `oid`. Это в точности равнозначно `DROP COLUMN oid RESTRICT`, за исключением того, что в случае отсутствия столбца `oid` ошибки не будет.

`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 столбец, 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 5.13).

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.

## Замечания

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 'value3');
```

## 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
 [, ...] ] ) ]
    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
    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.

*имя_расширения*

Имя расширения, от которого будет зависеть функция.

`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.

*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 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 DEPENDS ON EXTENSION имя_расширения
ALTER INDEX [ IF EXISTS ] имя SET ( параметр_хранения = значение [, ... ] )
ALTER INDEX [ IF EXISTS ] имя RESET ( параметр_хранения [, ... ] )
ALTER INDEX ALL IN TABLESPACE имя [ OWNED BY имя_роли [, ... ] ]
    SET TABLESPACE новое_табл_пространство [ NOWAIT ]
```

## Описание

`ALTER INDEX` меняет определение существующего индекса. Эта команда имеет несколько разновидностей:

`RENAME`

Форма `RENAME` меняет имя индекса. На сохранённые данные это не влияет.

`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.

`DEPENDS ON EXTENSION`

Эта форма помечает индекс как зависимый от расширения, так что при удалении расширения будет автоматически удалён и индекс.

`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`.

## Параметры

`IF EXISTS`

Не считать ошибкой, если индекс не существует. В этом случае будет выдано замечание.

*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.

## Замечания

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;
```

## 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
    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 ( 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.)

Форма `DEPENDS ON EXTENSION` помечает материализованное представление как зависимое от расширения, так что матпредставление будет автоматически удаляться при удалении расширения.

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 нового или существующего столбца.

*имя_расширения*

Имя расширения, от которого будет зависеть материализованное представление.

*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 функции и операторы, работающие с разными типами, 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 37.14.

## 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 верными. Однако для функций поддержки сортировки B-деревьев 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 процедуры индексного метода для функции, связанной с данным семейством операторов.

*имя_функции*

Имя (возможно, дополненное схемой) функции, которая является опорной процедурой 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.

## Замечания

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 операторы смешанных типов 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 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 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 владение публикацией, обходя эти ограничения.

## 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'
    | 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, но только не ролей суперпользователей и репликации. Обычные пользователи (роли) могут менять только свой пароль.

Вторя 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*
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, пе-

реопределение 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.

## Замечания

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 создание других ролей и 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 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 последова-

тельность. 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.

## Замечания

`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
```

## 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.

## 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`.

`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. Оно принимает 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 | '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. Если в качестве значения указать `DEFAULT`, параметр и его значение удаляется из `postgresql.auto.conf`.

## Замечания

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
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 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 WITH OIDS
    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 *ограничение_таблицы_по_индексу*:

```
    [ CONSTRAINT имя_ограничения ]
    { UNIQUE | PRIMARY KEY } USING INDEX имя_индекса
    [ DEFERRABLE | NOT DEFERRABLE ] [ INITIALLY DEFERRED | INITIALLY IMMEDIATE ]
```

## 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, требуется блокировка `ACCESS EXCLUSIVE`. При перечислении 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 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

Эти формы определяют, будет ли столбец принимать значения NULL или нет. Задать SET NOT NULL можно, только если столбец не содержит значений NULL.

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.

ADD GENERATED { ALWAYS | BY DEFAULT } AS IDENTITY
SET GENERATED { ALWAYS | BY DEFAULT }
DROP IDENTITY [ IF EXISTS ]

Эти формы определяют, является ли столбец столбцом идентификации, и меняют свойства генерирования значений уже существующего столбца идентификации. За подробностями обратитесь к CREATE TABLE.

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 коли-

чество 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 66.2.

ADD *ограничение_таблицы* [ NOT VALID ]

Эта форма добавляет в таблицу новое ограничение, с тем же синтаксисом, что и CREATE TABLE, и дополнительным указанием NOT VALID, которое в настоящее время разрешено только для ограничений внешнего ключа и ограничений-проверок. Если ограничение помечено как NOT VALID, потенциально длительная начальная проверка того, что ему удовлетворяют все строки, 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.

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.

### 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 верное, ничего не происходит.

Проверка больших таблиц может быть довольно длительной. Смысл отделения проверки от собственно создания ограничения состоит в том, что это позволяет отложить проверку на время меньшей активности или провести дополнительную работу с существующими ошибками и при этом не допустить новых. Заметьте также, что во время осуществления проверки сама по себе она не препятствует выполнению обычных команд записи в таблицу.

При проверке запрашивается только блокировка SHARE UPDATE EXCLUSIVE целевой таблицы. Для ограничений внешнего ключа требуется также блокировка ROW SHARE в таблице, на которую ссылается ограничение.

DROP CONSTRAINT [ IF EXISTS ]

Эта форма удаляет указанное ограничение 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 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 (исключая сгенерированные внутрисистемные триггеры ограничений, например, триггеры, реализующие ограничения внешнего ключа или отложенные ограничения уникальности или исключений). 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 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 после указания ENABLE ALWAYS триггеры срабатывают вне зависимости от текущего режима репликации.

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.

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 WITH OIDS`

Эта форма добавляет в таблицу системный столбец `oid` (см. Раздел 5.4). Если в таблице уже есть такой столбец, она не делает ничего.

Заметьте, что это не равнозначно команде `ADD COLUMN oid oid` (эта команда добавит не системный, а обычный столбец с подходящим именем `oid`).

`SET WITHOUT OIDS`

Эта форма удаляет из таблицы системный столбец `oid`. Это в точности равнозначно `DROP COLUMN oid RESTRICT`, за исключением того, что в случае отсутствия столбца `oid` ошибки не будет.

`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`. Форма `ALL IN TABLESPACE` позволяет перенести в другое табличное пространство все таблицы текущей базы данных, при этом она сначала блокирует все таблицы, а затем переносит каждую из них. Эта форма также поддерживает указание `OWNED BY`, с которым перемещаются только таблицы указанного владельца. Если указан параметр `NOWAIT`, команда завершится ошибкой, если не сможет 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 описаны в Подразделе «Параметры хранения». Заметьте, что эта команда не меня-

ет 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 автоочисткой и фактором заполнения, а также следующих параметров, связанных с планировщиком: effective_io_concurrency, parallel_workers, seq_page_cost, random_page_cost, n_distinct и n_distinct_inherited.

> **Примечание**
>
> Хотя CREATE TABLE позволяет указать OIDS в синтаксисе WITH (*параметр_хранения*), ALTER TABLE не воспринимает OIDS как параметр хранения. Поэтому для изменения характеристики OID следует применять формы SET WITH OIDS и SET WITHOUT OIDS.

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; отличие возможно в системном столбце oid. 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

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. Данный параметр действует только при использовании логической репликации. В режиме DEFAULT (по умолчанию для не системных таблиц) записывается старые значения столбцов первичного ключа, если он есть. В режиме USING INDEX записываются старые значения столбцов, составляющих заданный индекс, который должен быть уникальным, не частичным, не отложенным и включать только столбцы, помеченные NOT NULL. В режиме FULL записываются старые значения всех столбцов в строке, а в режиме NOTHING (по умолчанию для системных таблиц) никакая информация о старой строке не записывается. Во всех случаях старые значения записываются в журнал, только если как минимум в одном столбце из тех, что должны быть записаны, произошли изменения в новой строке.

RENAME

Формы RENAME меняют имя таблицы (или индекса, последовательности, представления, материализованного представления или сторонней таблицы), имя отдельного столбца таблицы или имя ограничения таблицы. 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*

Эта форма присоединяет существующую таблицу (которая сама по себе может быть секционированной) в качестве секции к целевой таблице, с применением того же синтаксиса *указание_границ_секции*, что и в CREATE TABLE. Указание границ секции должно соответствовать стратегии секционирования и ключу разбиения 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. В настоящее время ограничения UNIQUE, PRIMARY KEY и FOREIGN KEY не рассматриваются. Если какое-либо из ограничений CHECK присоединяемой таблицы помечено как NO INHERIT, команда выдаст ошибку; такие ограничения нужно будет пересоздать без предложения NO INHERIT.

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 разбиения 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 разбиения, 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.)

DETACH PARTITION *имя_секции*

Эта форма отсоединяет заданную секцию от целевой таблицы. Отсоединяемая секция продолжит существовать как отдельная таблица, и более не будет иметь никаких связей с таблицей, от которой была отсоединена.

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 5.13).

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, подсоединяемой 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 столбец добавляется с помощью `ADD COLUMN`, во всех существующих в таблице строках этот столбец инициализируется значением по умолчанию (или NULL, если предложение `DEFAULT` для столбца отсутствует). Если предложение `DEFAULT` отсутствует, это сводится только к изменению метаданных, непосредственного изменения данных таблицы не происходит; добавленные значения NULL выводятся при чтении.

Добавление столбца с предложением `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, перезапись

таблицы не требуется; хотя все индексы с затронутыми столбцами всё же требуется перестроить. При добавлении или удалении системного столбца `oid` также необходима перезапись всей таблицы. 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.

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. (При удалении системного столбца `oid` это поведение не наблюдается, так как немедленно выполняется перезапись таблицы.)

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 переименовывать ограничение в родительской таблице, не переименовывая его во всех дочерних таблицах, что тоже гарантирует соответствие всех ограничений. 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 этих 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);
```

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, разбиваемой по диапазонам:

```
ALTER TABLE measurement
    ATTACH PARTITION measurement_y2016m07 FOR VALUES FROM ('2016-07-01') TO
 ('2016-08-01');
```

Присоединение секции к таблице, разбиваемой по списку:

```
ALTER TABLE cities
    ATTACH PARTITION cities_ab FOR VALUES IN ('a', 'b');
```

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 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.

## Замечания

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 действие [, ... ]
ALTER TYPE имя OWNER TO { новый_владелец | CURRENT_USER | SESSION_USER }
ALTER TYPE имя RENAME ATTRIBUTE имя_атрибута TO новое_имя_атрибута [ CASCADE |
 RESTRICT ]
ALTER TYPE имя RENAME TO новое_имя
ALTER TYPE имя SET SCHEMA новая_схема
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

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:

`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.

`SET DATA TYPE`

Эта форма меняет тип атрибута составного типа.

`OWNER`

Эта форма меняет владельца типа.

`RENAME`

Эта форма меняет имя типа или имя отдельного атрибута составного типа.

`SET SCHEMA`

Эта форма переносит тип в другую схему.

`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.

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 тип атрибута, также требуется иметь право `USAGE` для соответствующего типа данных.

## 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.

`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.

## Замечания

`ALTER TYPE ... ADD VALUE` (форму, добавляющую в тип-перечисление новое значение) нельзя выполнять внутри блока 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 в тип нового атрибута:

```
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';
```

## 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'
    | 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 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).

`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` (`string`)

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`.

## Замечания

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 [ VERBOSE ] [ 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 параметров команда `ANALYZE` анализирует все таблицы в текущей базе данных. Если в параметрах передано имя таблицы, `ANALYZE` обрабатывает только заданную таблицу. Также эта команда принимает список имён столбцов, что позволяет запустить сбор статистики только по этим столбцам.

## Параметры

`VERBOSE`

Включает вывод сообщений о процессе выполнения.

*`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.

## Замечания

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 один или несколько потомков, ANALYZE соберёт статистику дважды: сначала по строкам только родительской таблицы, а затем по строкам родительской и всех дочерних таблиц. Второй набор статистики необходим для планирования запросов, обращающихся ко всему дереву наследования. 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 происходит редко, наследуемая статистика может терять актуальность, если не запускать ANALYZE вручную.

Если какие-либо из дочерних таблиц 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.

## Замечания

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

# 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 30.4.

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 30.4).

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.

## Замечания

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.

## Замечания

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 |
  PUBLICATION имя_объекта |
  ROLE имя_объекта |
  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 'текст'

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 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 9.68).

## Параметры

*имя_объекта*
*имя_отношения.имя_столбца*
*имя_агрегатной_функции*
*имя_ограничения*
*имя_функции*
*имя_оператора*
*имя_политики*
*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, последовательностей, объектов статистики, объектов текстового поиска, 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 обычной или агрегатной функции: `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 обычной или агрегатной функции. 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 обычной или агрегатной функции.

*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.

*текст*

Новый комментарий, записанный в виде строковой константы (или NULL для удаления комментария).

## Замечания

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 rtree IS 'Метод доступа R-Tree';
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 UTF8';
COMMENT ON CONSTRAINT bar_col_cons ON bar IS 'Ограничение столбца col';
COMMENT ON CONSTRAINT dom_col_constr ON DOMAIN dom IS 'Ограничение col для домена';
COMMENT ON DATABASE my_database IS 'База данных разработчиков';
```

```
COMMENT ON DOMAIN my_domain IS 'Домен почтового адреса';
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 ROLE my_role IS 'Административная группа для таблиц бухгалтерии';
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 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 языка 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 ]
```

## 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.

## Замечания

Для прерывания транзакции используйте ROLLBACK.

При попытке выполнить `COMMIT` вне транзакции ничего не произойдёт, но будет выдано предупреждение.

## Примеры

Следующая команда фиксирует текущую транзакцию и сохраняет все изменения:

```
COMMIT;
```

## Совместимость

В стандарте SQL описаны только две формы: `COMMIT` и `COMMIT WORK`. В остальном эта команда полностью соответствует стандарту.

## 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.

## Замечания

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 [, ...] ) ]

COPY { имя_таблицы [ ( имя_столбца [, ...] ) ] | ( запрос ) }
    TO { 'имя_файла' | PROGRAM 'команда' | STDOUT }
    [ [ WITH ] ( параметр [, ...] ) ]

Здесь допускается параметр:

    FORMAT имя_формата
    OIDS [ boolean ]
    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` скопирует только данные указанных столбцов. Если в таблице есть столбцы, отсутствующие в этом списке, `COPY FROM` заполнит эти столбцы значениями 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.

*запрос*

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.

OIDS

Копирует OID каждой строки. (Если присутствует указание OIDS, но таблица не содержит столбец oid, либо копируется *запрос*, возникнет ошибка.)

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.

## 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.

## Замечания

COPY TO может использоваться только с обычными таблицами, но не с представлениями. Однако вы можете скопировать текущее содержимое представления, записав COPY (SELECT * FROM *имя_представления*) TO ....

COPY FROM можно применять с обычными таблицами и представлениями с триггерами INSTEAD OF INSERT.

COPY обрабатывает только явно заданную таблицу, дочерние таблицы при копировании данных не затрагиваются. Поэтому, например COPY *таблица* TO выводит те же данные, что и запрос SELECT * FROM ONLY *table*. Для выгрузки всех данных в иерархии наследования можно применить COPY (SELECT * FROM *table*) TO ....

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 команду COPY с файлом (или командой) разрешено только суперпользователям базы данных, так как она позволяет прочитать и записать любой файл, к которому 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. С указанием OIDS значение OID считывается или записывается в первом столбце, предшествующем столбцам с основными данными.

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) |

| **Последовательность** | **Представляет** |
|---|---|
| \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 символ с заданным числовым кодом |
| \x*цифры* | Обратная косая с последующим x и 1-2 шестнадцатеричными цифрами представляет символ 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).

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 записы-

вается 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 — нет

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. В частности, для него также задаётся длина — это позволяет обрабатывать и четырёх- и восьмибайтовые OID без особых сложностей, и даже вывести OID, равный NULL, если возникнет потребность в этом.

#### 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 ]
          [ OIDS ]
          [ 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 ]
          [ OIDS ]
          [ 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 [ WITH OIDS ]
    FROM { 'имя_файла' | STDIN }
    [ [USING] DELIMITERS 'символ_разделитель' ]
    [ WITH NULL AS 'маркер_NULL' ]

COPY [ BINARY ] имя_таблицы [ WITH OIDS ]
    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 `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 `INDEX` это должен быть `index_am_handler`. Также от типа метода доступа зависит API уровня C, который должна реализовывать эта функция-обработчик. API индексных методов доступа описан в Главе 60.

## 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 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 ]
    [ , 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 ]
    [ , MINITCOND = начальное_условие_движ ]
    [ , SORTOP = оператор_сортировки ]
    [ , PARALLEL = { SAFE | RESTRICTED | UNSAFE } ]
)

CREATE 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 ]
    [ , INITCOND = начальное_условие ]
    [ , PARALLEL = { SAFE | RESTRICTED | UNSAFE } ]
    [ , HYPOTHETICAL ]
)

или старый синтаксис

CREATE AGGREGATE имя (
    BASETYPE = базовый_тип,
    SFUNC = функция_состояния,
    STYPE = тип_данных_состояния
    [ , SSPACE = размер_данных_состояния ]
    [ , FINALFUNC = функция_завершения ]
    [ , FINALFUNC_EXTRA ]
    [ , 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 ]
    [ , MINITCOND = начальное_условие_движ ]
    [ , SORTOP = оператор_сортировки ]
)
```

## Описание

`CREATE AGGREGATE` создаёт новую агрегатную функцию. Некоторое количество базовых и часто используемых агрегатных функций включено в дистрибутив, они описаны в Разделе 9.20. Но если нужно адаптировать их к новым типам или создать недостающие агрегатные функции, это можно сделать с помощью команды `CREATE AGGREGATE`.

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 37.10.1. Для этого режима требуются параметры `MSFUNC`, `MINVFUNC` и `MSTYPE`, а также могут задаваться `MSSPACE`, `MFINALFUNC`, `MFINALFUNC_EXTRA` 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 37.10.4. 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 *тип_данных_состояния*. Планировщик использует это значение для оценивания объёма памяти, требуемому для агрегатного запроса с группировкой. Планировщик может применить агрегирование по хешу для такого запроса, только если хеш-таблица, судя по оценке, поместится в work_mem; таким образом, при больших значениях этого параметра агрегирование по хешу будет менее желательным.

*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, ко-

торый 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.

*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.

*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

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.

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. Предполагается, что функция завершения не повреждает значение состояния агрегата, так что вычисление агрегата можно продолжить даже после получения результата для 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 37.10.

## 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.

## Замечания

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, ]
    [ 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.

*версия*

Задаёт строку версии, сохраняемую с правилом сортировки. Обычно её не следует задавать — тогда эта версия будет получена из фактической версии правила сортировки, сообщённой опе-

рационной 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.

## Замечания

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 наборов символов. Кроме того, перекодировки, помеченные как `DEFAULT`, могут применяться для автоматического преобразования кодировки между клиентом и сервером. Для такого применения 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;
```

## Замечания

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 ]
           [ 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 USER.

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 девственно чистую базу данных, 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.

*`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.

## Замечания

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) из шаблона в новую базу данных 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
    LC_COLLATE 'sv_SE.utf8' LC_CTYPE '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
    LC_COLLATE 'sv_SE.iso885915' LC_CTYPE '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, используется правило сортировки по умолчанию 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`.)

## Замечания

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.

## 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 (filter_value [, ... ]) [ AND ... ] ]
    EXECUTE 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`.

## Замечания

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 'команда % отключена', tg_tag;
END;
$$;

CREATE EVENT TRIGGER abort_ddl ON ddl_command_start
   EXECUTE PROCEDURE 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 ]
             [ FROM старая_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`.

Для загрузки расширения требуются те же права, что необходимы для создания составляющих его объектов. Для большинства расширений это означает, что необходимы права владельца базы данных или суперпользователя. Пользователь, запускающий `CREATE EXTENSION`, становится владельцем самого расширения (это требуется для последующих проверок доступа), а также владельцем всех объектов, созданных скриптом расширения.

## 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 както 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.

*старая_версия*

Указание FROM *старая_версия* может быть добавлено тогда и только тогда, когда устанавливаемое расширение заменяет модуль «старого стиля», представляющий собой просто набор объектов, не упакованный в расширение. С этим указанием CREATE EXTENSION запускает альтернативный установочный скрипт, собирающий все существующие объекты в расширение, а не создающий новые. Учтите, что SCHEMA при этом определяет схему, содержащую эти существующие объекты.

Значение, задаваемое в качестве *старой_версии*, определяется автором расширения и может меняться, если в расширение нужно преобразовать не одну версию модуля в старом стиле. Для стандартных дополнительных модулей, поставляемых в PostgreSQL до версии 9.1, при преобразовании модуля в расширение *старая_версия* должна содержать значение unpackaged.

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.

## Замечания

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.

За информацией для разработчиков расширений обратитесь к Разделу 37.15.

## Примеры

Установка расширения hstore в текущую базу данных:

```
CREATE EXTENSION hstore;
```

Преобразование установленного до версии 9.1 модуля hstore в расширение:

```
CREATE EXTENSION hstore SCHEMA public FROM unpackaged;
```

Будьте внимательны — здесь нужно указать схему, в которую ранее были установлены существующие объекты 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.

## Замечания

Функциональность PostgreSQL по работе со сторонними данными продолжает активно развиваться. На данный момент выполняется только примитивная оптимизация запросов (и по большей ча-

сти 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 }
    [, ... ]
) ] указание_границ_секции
  SERVER имя_сервера
[ OPTIONS ( параметр 'значение' [, ... ] ) ]

Здесь ограничение_столбца:

[ CONSTRAINT имя_ограничения ]
{ NOT NULL |
  NULL |
  CHECK ( выражение ) [ NO INHERIT ] |
  DEFAULT выражение_по_умолчанию }

и ограничение_таблицы:

[ CONSTRAINT имя_ограничения ]
CHECK ( выражение ) [ NO INHERIT ]
```

## 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*

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.

`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 булевский 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 само-

го 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.

*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).

## Замечания

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 таблицы могут выдавать некорректные результаты. Ответственность за фактическое выполнение условия ограничения лежит на пользователе.

Хотя сторонние таблицы могут создаваться как секции, перенаправление кортежей в секции, представленные сторонними таблицами, не поддерживается.

## 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
    | SET параметр_конфигурации { TO значение | = значение | FROM CURRENT }
    | AS 'определение'
    | AS 'объектный_файл', 'объектный_символ'
  } ...
    [ WITH ( атрибут [, ...] ) ]
```

## 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 с такими же типами аргументов в этой схеме. Однако функции 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.

## 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 37.6.

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.

*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.

*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.

*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.

*атрибут*

Исторически сложившийся способ передавать дополнительную информацию о функции. В этой записи могут присутствовать следующие атрибуты:

isStrict

Равнозначно указанию STRICT или RETURNS NULL ON NULL INPUT.

isCachable

Свойство isCachable — устаревший эквивалент IMMUTABLE; оно всё ещё поддерживается ради обратной совместимости.

Имена атрибутов являются регистронезависимыми.

За дополнительной информацией о разработке функций обратитесь к Разделу 37.3.

## 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.

## Замечания

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

Ниже приведено несколько простых вводных примеров. За дополнительными сведениями и примерами обратитесь к Разделу 37.3.

```
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 GRANT). 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 SQL:1999 и более поздних стандартах. Версия, реализованная в PostgreSQL, близка к стандартизированной, но соответствует ей не полностью. В частности, непереносимы атрибуты, а также различные языки реализаций.

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
    | [ ENCRYPTED ] PASSWORD 'пароль'
    | 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 имя_таблицы
 [ USING метод ]
    ( { имя_столбца | ( выражение ) } [ COLLATE правило_сортировки ] [ класс_операторов
 ] [ ASC | DESC ] [ NULLS { FIRST | LAST } ] [, ...] )
    [ 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.

`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. Подраздел «Неблокирующее построение индексов».

`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`.

*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.

*имя_таблицы*

Имя индексируемой таблицы (возможно, дополненное схемой).

*метод*

Имя применяемого метода индекса. Возможные варианты: `btree`, `hash`, `gist`, `spgist`, `gin` и `brin`. 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.

`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 Подразделу «Параметры хранения индекса».

*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`

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 GiST дополнительно принимают этот параметр:

`buffering`

Определяет, будет ли при построении индекса использоваться буферизация, описанная в Подразделе 62.4.1. 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`

Этот параметр управляет механизмом быстрого обновления, описанным в Подразделе 64.4.1. Он имеет логическое значение: `ON` включает быстрое обновление, `OFF` отключает его. (Другие возможные написания `ON` и `OFF` перечислены в Разделе 19.1.) 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`

Пользовательский параметр gin_pending_list_limit. Его значение задаётся в килобайтах.

Индексы BRIN принимают другие параметры:

`pages_per_range`

Определяет, сколько блоков таблицы образуют зону блоков для каждой записи в индексе BRIN (за подробностями обратитесь к Разделу 65.1). Значение по умолчанию — `128`.

`autosummarize`

Определяет, нужно ли вычислять сводное значение для зоны предыдущей страницы, когда происходит добавление на следующей странице.

## 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. 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`. Но так как `REINDEX` не поддерживает неблокирующий режим, вряд ли этот вариант будет желательным.)

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 параллельное 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`.

## Замечания

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*. Этот 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 11.9 и Разделу 37.14.

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.

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).

Для удаления индекса применяется DROP INDEX.

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 индекса-B-дерева по столбцу `title` в таблице `films`:

```
CREATE UNIQUE INDEX title_idx ON films (title);
```

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

# CREATE LANGUAGE

CREATE LANGUAGE — создать процедурный язык

## Синтаксис

```
CREATE [ OR REPLACE ] [ PROCEDURAL ] LANGUAGE имя
CREATE [ OR REPLACE ] [ TRUSTED ] [ PROCEDURAL ] LANGUAGE имя
    HANDLER обработчик_вызова [ INLINE обработчик_внедрённого_кода ]
 [ VALIDATOR функция_проверки ]
```

## Описание

`CREATE LANGUAGE` регистрирует в базе данных PostgreSQL новый процедурный язык. Впоследствии на этом языке можно будет определять новые функции и триггерные процедуры.

> **Примечание**
>
> Начиная с PostgreSQL 9.1, большинство процедурных языков были преобразованы в «расширения», так что они теперь устанавливаются посредством CREATE EXTENSION, а не `CREATE LANGUAGE`. Прямое использование `CREATE LANGUAGE` теперь следует ограничить скриптами установки расширений. Если в вашей базе данных есть «чистое» определение языка, возможно, полученное в результате обновления, его можно преобразовать в расширение, выполнив `CREATE EXTENSION имя_языка FROM unpackaged`.

`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.

Команда `CREATE LANGUAGE` имеет две формы. В первой форме пользователь задаёт только имя создаваемого языка, и сервер PostgreSQL получает подходящие параметры, обращаясь к системному каталогу `pg_pltemplate`. Во второй форме пользователь указывает параметры языка вместе с его именем. Вторая форма позволяет создать язык, не определённый заранее в `pg_pltemplate`, но этот подход считается устаревшим.

Когда сервер находит в каталоге `pg_pltemplate` запись для заданного имени языка, он будет использовать данные из каталога, даже если параметры языка указаны в команде. Это поведение упрощает загрузку экспортированных ранее файлов, которые, скорее всего, будут содержать устаревшую информацию о функциях поддержки языка.

Обычно, для того чтобы зарегистрировать новый язык, необходимо иметь право суперпользователя PostgreSQL. Однако владелец базы данных может зарегистрировать новый язык в этой базе данных, если язык определён в каталоге `pg_pltemplate` и помечен как допускающий создание владельцами БД (`tmpldbacreate` содержит true). По умолчанию доверенные языки могут создаваться владельцами базы данных, но это можно изменить, внеся коррективы в `pg_pltemplate`. Создатель языка становится его владельцем и может впоследствии удалить или переименовать его, либо назначить другого владельца.

`CREATE OR REPLACE LANGUAGE` создаст новый язык, либо заменит существующее определение. Если язык уже существует, его параметры изменяются в соответствии со значениями, указанными в команде или полученными из `pg_pltemplate`, при этом владелец языка и права доступа к нему не меняются, и все существующие функции, написанные на этом языке, по-прежнему считаются рабочими. Помимо обладания обычными правами, требующимися для создания языка, пользователь должен быть суперпользователем или владельцем существующего языка. Вариант с `REPLACE` в основном предназначен для случаев, когда язык уже существует. Если для языка есть запись

в pg_pltemplate, то REPLACE фактически ничего не меняет в существующем определении, кроме исключительного случая, когда запись в pg_pltemplate была изменена после создания языка.

## 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().

Параметр TRUSTED и имена вспомогательных функций игнорируются, если на сервере для указанного языка имеется запись в pg_pltemplate.

## Замечания

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.

Обработчик вызова, обработчик встроенного кода (при наличии) и функция проверки (при наличии) должны уже существовать, если на сервере нет записи для этого языка в pg_pltemplate. Но если такая запись уже есть, функции могут не существовать — в случае отсутствия в базе данных они будут определены автоматически. (Это может привести к сбою в CREATE LANGUAGE, если в установленной системе не найдётся разделяемая библиотека, реализующая этот язык.)

В PostgreSQL до версии 7.3 обязательно требовалось объявить функции-обработчики, как возвращающие фиктивный тип opaque, а не language_handler. Для поддержки загрузки старых файлов экспорта БД, команда CREATE LANGUAGE принимает функции с объявленным типом результата opaque, но при этом выдаётся предупреждение и тип результата меняется на language_handler.

## Примеры

Предпочитаемый способ создания любых процедурных языков довольно прост:

```
CREATE LANGUAGE plperl;
```

Для языка, не представленного в каталоге pg_pltemplate, требуется выполнить следующие действия:

```
CREATE FUNCTION plsample_call_handler() RETURNS language_handler
    AS '$libdir/plsample'
    LANGUAGE C;
CREATE LANGUAGE plsample
    HANDLER plsample_call_handler;
```

## 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 [, ...] ) ]
    [ WITH ( параметр_хранения [= значение] [, ... ] ) ]
    [ TABLESPACE табл_пространство ]
    AS запрос
    [ 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 и автоматическая генерация OID.

## 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.

`WITH ( параметр_хранения [= значение] [, ... ] )`

Это предложение задаёт дополнительные параметры хранения для создаваемого материализованного представления; подробнее о них можно узнать в Подразделе «Параметры хранения». Все параметры, которые поддерживает `CREATE TABLE`, поддерживает и `CREATE MATERIALIZED VIEW`, за исключением `OIDS`. 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.

*запрос*

Команда SELECT, TABLE или VALUES. Эта команда будет выполняться в контексте 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 (
    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.
- Использование `=>` в качестве имени оператора считается устаревшим и может быть вовсе запрещено в будущих выпусках.

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`.

Процедура *имя_функции* должна быть уже определена с помощью `CREATE FUNCTION` и иметь соответствующее число аргументов (один или два) указанных типов.

Другие предложения определяют дополнительные характеристики оптимизации. Их значение описано в Разделе 37.13.

Чтобы создать оператор, необходимо иметь право `USAGE` для типов аргументов и результата, а также право `EXECUTE` для нижележащей функции. Если указывается коммутативный 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.===) ,
```

## Замечания

За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 37.12.

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,
    PROCEDURE = area_equal_procedure,
    COMMUTATOR = ===,
    NEGATOR = !==,
    RESTRICT = area_restriction_procedure,
    JOIN = area_join_procedure,
    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 вспомогательные процедуры, 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 37.14.

## 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 типа данных класса (для функций поддержки сортировки в B-деревьях и всех функций в классах операторов GiST, SP-GiST, GIN и BRIN). Обычно предполагаемые по умолчанию типы оказываются верными, так что *тип_операнда* указывать в `FUNCTION` не нужно, кроме функций сортировки B-дерева, предназначенных для сравнений 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 процедуры индексного метода для функции, связанной с данным классом операторов.

*имя_функции*

Имя (возможно, дополненное схемой) функции, которая является опорной процедурой 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.

## Замечания

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 37.14.

## 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 (using `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 240 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 изменён-

ные 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 240. 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
  ...
)
```

## Замечания

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 пра-

вами владельца представления, и при этом будут действовать политики, распространяющиеся на этого владельца.

Дополнительное описание и практические примеры можно найти в Разделе 5.7.

## Совместимость

`CREATE POLICY` является расширением PostgreSQL.

## См. также

ALTER POLICY, DROP POLICY, ALTER TABLE

# 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 31.1.

## 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.

В публикацию могут включаться только постоянные базовые таблицы. Временные, нежурналируемые, сторонние и секционированные таблицы, а также материализованные и обычные представления не могут входить в публикацию. Для реплицирования секционированной таблицы в публикацию нужно добавить её отдельные секции.

`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` и `delete`. По умолчанию публикуются все действия, так что этот параметр имеет значение по умолчанию `'insert, update, delete'`.

## Замечания

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 фактически сводится команда. Поэтому в зависимости от исхода команды, она может быть опубликована либо как INSERT, либо как UPDATE, либо не будет опубликована вовсе.

Команды COPY ... FROM публикуются в виде операций INSERT.

Команда TRUNCATE и 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 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'
    | 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 новые роли (т. е. выполнять CREATE ROLE). Роль с правом CREATEROLE может также изменять и удалять другие роли. По умолчанию подразумевается 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.

BYPASSRLS
NOBYPASSRLS

Эти предложения определяют, будут ли для роли игнорироваться все политики защиты на уровне строк (RLS). Значение по умолчанию — NOBYPASSRLS. Заметьте, что pg_dump по умолчанию отключает row_security (устанавливает значение OFF) для уверенности, что выгружено всё содержимое таблицы. Если пользователь, запускающий pg_dump, не будет иметь необходимых прав, он получит ошибку. Суперпользователь 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*

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.

## Замечания

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` должны быть безусловными, с характеристикой `INSTEAD` (вместо исходного), и их действия должны состоять из единственной команды `SELECT`. Таким образом, правило `ON SELECT` по сути превращает таблицу в представление, чьим видимым содержимым являются строки, возвращаемые командой `SELECT`, заданной в правиле, а не данные, хранящиеся в таблице (если они есть). Вообще же для этой цели лучшим стилем считается пользоваться командой `CREATE VIEW`, а не создавать реальную таблицу и определять затем правило `ON SELECT` для неё.

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.

## Замечания

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*.

## Замечания

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 9.16.

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 возвращающей 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.

## Замечания

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
 'версия_сервера' ]
    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.

*версия_сервера*

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.

## Замечания

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.

## 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 поддерживается статистика `ndistinct`, подсчёт числа различных значений, и `dependencies`, определение функциональных зависимостей. Если это предложение опущено, в объект статистики включаются все поддерживаемые виды статистики. За дополнительными сведениями обратитесь к Подразделу 14.2.2 и Разделу 68.2.

*имя_столбца*

Имя столбца таблицы, который будет покрываться вычисляемой статистикой. Необходимо указать имена минимум двух столбцов.

*имя_таблицы*

Имя (возможно, дополненное схемой) таблицы, содержащей столбцы, по которым создаётся статистика.

## Замечания

Чтобы создать объект статистики, читающий таблицу, необходимо быть владельцем этой таблицы. После создания объекта статистики его владелец может определяться независимо от нижележащей таблицы.

## Примеры

В данном примере создаётся таблица `t1` с двумя функционально зависимыми столбцами; то есть знания значения одного столбца достаточно, чтобы определить значение другого. Затем для этих столбцов строится статистика 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.

## 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 31.2 и Главе 31.

## 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 31.7.

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 исходная_таблица [ вариант_копирования ... ] }
    [, ... ]
] )
[ INHERITS ( таблица_родитель [, ... ] ) ]
[ PARTITION BY { RANGE | LIST } ( { имя_столбца | ( выражение ) }
 [ COLLATE правило_сортировки ] [ класс_операторов ] [, ... ] ) ]
[ WITH ( параметр_хранения [= значение] [, ... ] ) | WITH OIDS | 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 } ( { имя_столбца | ( выражение ) }
 [ COLLATE правило_сортировки ] [ класс_операторов ] [, ... ] ) ]
[ WITH ( параметр_хранения [= значение] [, ... ] ) | WITH OIDS | 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
[ PARTITION BY { RANGE | LIST } ( { имя_столбца | ( выражение ) }
 [ COLLATE правило_сортировки ] [ класс_операторов ] [, ... ] ) ]
[ WITH ( параметр_хранения [= значение] [, ... ] ) | WITH OIDS | 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 | 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 действие ] [ ON UPDATE 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 действие ] [ ON
 UPDATE действие ] }
[ DEFERRABLE | NOT DEFERRABLE ] [ INITIALLY DEFERRED | INITIALLY IMMEDIATE ]

и вариант_копирования:

{ INCLUDING | EXCLUDING } { COMMENTS | CONSTRAINTS | DEFAULTS | IDENTITY | INDEXES |
 STATISTICS | STORAGE | ALL }

и указание_границ_секции:

IN ( { числовая_константа | строковая_константа | TRUE | FALSE | NULL } [, ...] ) |
FROM ( { числовая_константа | строковая_константа | TRUE | FALSE | MINVALUE |
 MAXVALUE } [, ...] )
  TO ( { числовая_константа | строковая_константа | TRUE | FALSE | MINVALUE |
 MAXVALUE } [, ...] )

параметры_индекса в ограничениях UNIQUE, PRIMARY KEY и EXCLUDE:

[ WITH ( параметр_хранения [= значение] [, ... ] ) ]
[ USING INDEX TABLESPACE табл_пространство ]

элемент_исключения в ограничении EXCLUDE:

{ имя_столбца | ( выражение ) } [ класс_операторов ] [ 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».

`UNLOGGED`

С этим указанием таблица создаётся как нежурналируемая. Данные, записываемые в нежурналируемые таблицы, не проходят через журнал предзаписи (см. Главу 30), 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.

PARTITION OF *таблица_родитель* FOR VALUES *указание_границ_секции*

Создаёт таблицу как *секцию* указанной родительской таблицы.

Здесь *указание_границ_секции* должно соответствовать методу и ключу секционирования родительской таблицы и не должно конфликтовать с другой существующей секцией того же родителя. Вариант указания с IN используется для секционирования по спискам, а вариант с FROM и TO для секционирования по диапазонам.

В качестве значений, задаваемых в *указании_границ_секции*, принимается буквальное значение, NULL и MINVALUE или MAXVALUE. Буквальным значением должна быть либо числовая константа, приводимая к типу соответствующего столбца ключа разбиения, либо строковая константа, представляющая допустимое входное значение для этого типа.

При создании секции с разбиением по спискам возможно указать, что столбец ключа разбиения 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 разбиения для этой секции, а значения в списке TO — нет. Заметьте, что это утверждение должно восприниматься с учётом правил сравнения строк таблицы (см. Подраздел 9.23.5). Например, с разбиением 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 разбиения 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 разбиения 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".

В секции должны содержаться столбцы с теми же именами и типами, что и в секционированной таблице, к которой она относится. Если родитель имеет характеристику WITH OIDS, все секции должны иметь OID; родительский столбец OID будет наследоваться всеми секциями, как и любой другой столбец. Изменение имён или типов столбцов в секционируемой таблице, или добавление или удаление столбца OID 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 таблицы, будут объединены с родительским ограничением. Также независимо для каждой секции могут быть заданы значения по умолчанию.

Строки, добавляемые в секционированную таблицу, будут автоматически перенаправляться в соответствующую секцию. Если подходящей секции не найдётся, произойдёт ошибка. Также ошибка произойдёт, если при изменении строки в определённой секции требуется переместить её в другую секцию из-за изменения значений в ключе разбиения.

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.

*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 } ( { *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 разбиения* таблицы. Для разбиения по диапазонам ключ разбиения может включать несколько столбцов или выражений (до 32, но этот предел можно изменить при сборке PostgreSQL), но для разбиения по спискам ключ разбиения должен состоять из одного столбца или выражения. Если при создании секционируемой таблицы класс операторов B-дерева не указывается, будет использоваться класс операторов B-дерева по умолчанию для данного типа данных. Если такой класс операторов не находится, выдаётся ошибка.

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 разбиения. Если значениям в новой строке не соответствует ни одна из существующих секций, возникает ошибка.

Секционируемые таблицы не поддерживают ограничения UNIQUE, PRIMARY KEY, EXCLUDE и FOREIGN KEY; однако вы можете определить эти ограничения в отдельных секциях.

LIKE *исходная_таблица* [ *вариант_копирования* ... ]

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.

Выражения значений по умолчанию в определениях копируемых столбцов переносятся в новую таблицу, только если дополнительно указано INCLUDING DEFAULTS. Без этого указания выражения по умолчанию не копируются, вследствие чего в новой таблице скопированные столбцы получают значения по умолчанию NULL. Заметьте, что при копировании выражений по умолчанию, которые вызывают функции, модифицирующие БД, как например nextval, может образовываться функциональная связь исходной таблицы с новой.

Характеристика идентификации в определении скопированного столбца будет копироваться, только если в команде есть указание INCLUDING IDENTITY. Для каждого столбца идентификации в новой таблице создаётся новая последовательность, не зависящая от последовательностей, связанных со старой таблицей.

Ограничения NULL копируются в новую таблицу всегда, а ограничения CHECK копируются только при явном указании INCLUDING CONSTRAINTS. Это в равной мере касается ограничений как таблиц, так и столбцов.

Расширенная статистика копируется в новую таблицу, если указано INCLUDING STATISTICS.

Индексы, свойство PRIMARY KEY, а также ограничения UNIQUE и EXCLUDE копируются из исходной таблицы в новую, только если явно указано INCLUDING INDEXES. Имена для новых индексов и ограничений выбираются согласно стандартным правилам, независимо от того, как назывались исходные. (Это позволяет избежать ошибок с дублированием имён с новыми индексами.)

Параметры STORAGE будут перенесены в определение копируемых столбцов, только если явно указывается INCLUDING STORAGE. 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 66.2.

Комментарии для скопированных столбцов, ограничений и индексов будут копироваться, только если явно указано INCLUDING COMMENTS. По умолчанию комментарии исключаются, вслед-

ствие чего скопированные столбцы и ограничения в новой таблице оказываются без комментариев.

`INCLUDING ALL` представляет собой краткую форму предложения `INCLUDING COMMENTS INCLUDING CONSTRAINTS INCLUDING DEFAULTS INCLUDING IDENTITY INCLUDING INDEXES INCLUDING STATISTICS INCLUDING STORAGE`.

Заметьте, что 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.

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 булевский 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 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.

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 (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 | 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.

Предложения `ALWAYS` и `BY DEFAULT` определяют, какой приоритет имеет заданное пользователем значение этого столбца в команде `INSERT`. С предложением `ALWAYS` пользовательское значение используется, только если в операторе `INSERT` указано `OVERRIDING SYSTEM VALUE`. С предложением `BY DEFAULT` пользовательскому значению отдаётся предпочтение. За подробностями обратитесь к INSERT. (В команде `COPY` всегда используются пользовательские значения, вне зависимости от значения этого параметра.)

Используя необязательное предложение *параметры_последовательности*, можно переопределить свойства последовательности. За подробностями обратитесь к CREATE SEQUENCE.

`UNIQUE` (ограничение столбца)
`UNIQUE ( 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.

При проверке ограничения уникальности значения NULL не считаются равными.

В каждом ограничении уникальности для таблицы должен задаваться набор столбцов, отличный от набора любого другого ограничения уникальности или первичного ключа в данной таблице. (Иначе это будет одно и то же ограничение, определённое многократно.)

`PRIMARY KEY` (ограничение столбца)
`PRIMARY KEY ( 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 образование первичного ключа из набора столбцов также добавляет метаданные о конструкции схемы, так как первичный ключ подразумевает, что другие таблицы могут ссылаться на этот набор столбцов, как на уникальный идентификатор строк.

`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 `&&`.

Ограничения-исключения реализуются с помощью индексов, так что каждый указанный в них оператор должен быть связан с соответствующим классом операторов (см. Раздел 11.9) для *индексного_метода*. Кроме того, операторы должны быть коммутативными. 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 60); 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` *действие* `] [ ON UPDATE` *действие* `]` (ограничение столбца)
`FOREIGN KEY (` *имя_столбца* `[, ... ] ) REFERENCES` *внешняя_таблица* `[ (` *внешний_столбец* `[, ... ] ) ] [ MATCH` *тип_совпадения* `] [ ON DELETE` *действие* `] [ ON UPDATE` *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*. В качестве целевых столбцов должны указываться столбцы неоткладываемого уникального ограничения или первичного ключа во внешней таблице. При этом пользователь должен иметь право `REFERENCES` во внешней таблице (либо для всей таблицы, либо только для целевых столбцов). Заметьте, что ограничения внешнего ключа, связывающие временные и постоянные таблицы, определить нельзя.

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.

`WITH ( `*`параметр_хранения`*` [= `*`значение`*`] [, ... ] )`

Это предложение определяет необязательные параметры хранения для таблицы или индекса (за подробными сведениями о них обратитесь к Подразделу «Параметры хранения»). Предложение `WITH` для таблицы может также включать указание `OIDS=TRUE` (или просто `OIDS`), устанавливающее, что каждая строка таблицы должна иметь собственный OID (Object IDentifier, идентификатор объекта), или указание `OIDS=FALSE`, устанавливающее, что строки не содержат OID. Если указание `OIDS` отсутствует, значение этого свойства по умолчанию зависит от конфигурационного параметра default_with_oids. (Если новая таблица унаследована от каких-либо таблиц, имеющих OID, свойство `OIDS=TRUE` задаётся принудительно, даже если в команде явно написано `OIDS=FALSE`.)

Если явно указано `OIDS=FALSE` или это подразумевается, в новой таблице не будут храниться значения OID и новый OID не будет генерироваться для каждой добавляемой в неё строки. Для

обычных таблиц такое поведение предпочтительнее, так как оно сокращает потребление OID и тем самым откладывает зацикливание 32-битного счётчика OID. Как только происходит зацикливание, значения OID больше нельзя считать уникальными, что делает их значительно менее полезными. К тому же, исключение столбца OID из таблицы сокращает объём, необходимый для хранения таблицы на диске, на 4 байта для каждой строки (на большинстве платформ), что несколько улучшает производительность.

Для удаления данных OID из таблицы после её создания воспользуйтесь командой ALTER TABLE.

`WITH OIDS`
`WITHOUT OIDS`

Это устаревшее написание указаний `WITH (OIDS)` и `WITH (OIDS=FALSE)`, соответственно. Если требуется определить одновременно свойство `OIDS` и параметры хранения, необходимо использовать синтаксис `WITH ( ... )`; см. ниже.

`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 или temp_tablespaces, если таблица временная.

`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 66.2). 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. 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.

`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 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`.

`autovacuum_vacuum_threshold`, `toast.autovacuum_vacuum_threshold` (`integer`)

Значение параметра autovacuum_vacuum_threshold для таблицы.

`autovacuum_vacuum_scale_factor`, `toast.autovacuum_vacuum_scale_factor` (`float4`)

Значение параметра autovacuum_vacuum_scale_factor для таблицы.

`autovacuum_analyze_threshold` (`integer`)

Значение параметра autovacuum_analyze_threshold для таблицы.

`autovacuum_analyze_scale_factor` (`float4`)

Значение параметра autovacuum_analyze_scale_factor для таблицы.

`autovacuum_vacuum_cost_delay`, `toast.autovacuum_vacuum_cost_delay` (`integer`)

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.

## Замечания

Применять OID в новых приложениях не рекомендуется: по возможности лучше использовать в качестве первичного ключа таблицы столбец идентификации или другой генератор последовательности. Однако, если в вашем приложении для идентификации строк применяется OID, рекомендуется создать уникальное ограничение по столбцу `oid` в этой таблице, чтобы значения OID в этой таблице на самом деле однозначно идентифицировали строки даже после зацикливания счётчика. Также не стоит полагать, что значения OID уникальны в разных таблицах; если вам требуется идентификатор, уникальный в базе данных, воспользуйтесь для этого комбинацией `tableoid` и OID строки.

> **Подсказка**
>
> Применять `OIDS=FALSE` не рекомендуется для таблиц без первичного ключа, так как без OID или уникального ключа данных сложно идентифицировать определённые строки.

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 разбиения, 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 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 разбиения, 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);
```

## 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 поведе-

ние, 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.

### 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.

### 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.

### 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 ни параметры хранения, ни OID 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, но тот же эффект можно получить, воспользовавшись OID.

### 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 [, ...] ) ]
    [ WITH ( параметр_хранения [= значение] [, ... ] ) | WITH OIDS | WITHOUT OIDS ]
    [ ON COMMIT { PRESERVE ROWS | DELETE ROWS | DROP } ]
    [ TABLESPACE табл_пространство ]
    AS запрос
    [ 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. В этом случае будет выдано замечание. За подробностями обратитесь к описанию CREATE TABLE.

*`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.

`WITH ( параметр_хранения [= значение] [, ... ] )`

Это предложение определяет дополнительные параметры хранения для новой таблицы: за подробностями обратитесь к Подразделу «Параметры хранения». Предложение `WITH` может

также включать указание OIDS=TRUE (или просто OIDS), с которым строкам в новой таблице будут назначаться идентификаторы объектов (OID), либо указание OIDS=FALSE, с которым строки не будут содержать OID. За дополнительными сведениями обратитесь к CREATE TABLE.

WITH OIDS
WITHOUT OIDS

Это устаревшее написание указаний WITH (OIDS) и WITH (OIDS=FALSE), соответственно. Если требуется определить одновременно свойство OIDS и параметры хранения, необходимо использовать синтаксис WITH ( ... ); см. ниже.

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.

*запрос*

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.

## Замечания

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.

Команда CREATE TABLE AS позволяет пользователю явно определить, добавлять ли OID в таблицу. Если присутствие OID не определено явно, оно определяется конфигурационной переменной default_with_oids.

## 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 будет содержать OID и прекратит существование при фиксации транзакции:

```
PREPARE recentfilms(date) AS
  SELECT * FROM films WHERE date_prod > $1;
CREATE TEMP TABLE films_recent WITH (OIDS) 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 ни параметры хранения, ни OID 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 'каталог'
    [ 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.

*каталог*

Каталог, который будет использован для этого табличного пространства. Этот каталог должен быть пустым и должен 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` 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.

## Замечания

Табличные пространства поддерживаются только на платформах, поддерживающих символические ссылки.

`CREATE TABLESPACE` не может быть выполнена внутри блока транзакции.

## Примеры

Создание табличного пространства `dbspace` в `/data/dbs`:

```
CREATE TABLESPACE dbspace LOCATION '/data/dbs';
```

Создание табличного пространства `indexspace` в `/data/indexes` и назначение его владельцем `genevieve`:

```
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.

## Замечания

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. Фак-

тическое значение аргумента будет определяться реализацией языка. Если список аргументов отсутствует, имя функции должно быть уникальным в её схеме.

## Замечания

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 LANGUAGE 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 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 булевское 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, не являющегося триггером ограничения; кроме того, если это триггер для UPDATE, у него должен отсутствовать список *имён_столбцов*. 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 указанном в целевой команде UPDATE списке столбцов окажется минимум один из перечисленных.

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 процедура 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*

Булевское 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.

*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.

## Замечания

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.

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, oid), 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 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.

В PostgreSQL до версии 7.3 обязательно требовалось объявлять триггерные функции, как возвращающие фиктивный тип opaque, а не trigger. Для поддержки загрузки старых файлов экспорта БД, команда CREATE TRIGGER принимает функции с объявленным типом результата opaque, но при этом выдаётся предупреждение и тип результата меняется на trigger.

## 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 PROCEDURE 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 PROCEDURE 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 PROCEDURE 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 PROCEDURE 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 PROCEDURE 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 PROCEDURE 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 PROCEDURE 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 = каноническая_функция ]
    [ , 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 = по_умолчанию ]
    [ , 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 *`каноническая_функция`* должна принимать один аргумент определяемого типа диапазона и возвращать значение того же типа. Это используется для преобразования значений диапазона в каноническую форму, когда это уместно. За дополнительными сведениями обратитесь к Подразделу 8.17.8. Создаётся *`каноническая_функция`* 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 66.2; 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 *storage*, отличные от plain, подразумевают, что функции типа данных могут принимать значения в формате *toast*, описанном в Разделе 66.2 и Подразделе 37.11.1. 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.

*каноническая_функция*

Имя функции канонизации 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.

*по_умолчанию*

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.

## Замечания

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 достиже-

ния 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.

В PostgreSQL до версии 7.3 было принято вовсе не создавать тип-пустышку, заменяя в определении функций ссылки на ещё не созданный тип именем псевдотипа `opaque`. Аргументы `cstring` и результаты так же должны были объявляться как `opaque` до версии 7.3. Для поддержки загрузки старых файлов экспорта БД, `CREATE TYPE` примет ссылки на функции ввода/вывода, объявленные с типом `opaque`, но при этом выдаст замечание и изменит в объявлении функции псевдотип на правильный.

## 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 37.11.

## 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'
    | 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 запрос
    [ 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` (`string`)

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 с помощью ALTER VIEW нельзя.

`security_barrier` (`boolean`)

Этот параметр следует использовать, если представление должно обеспечивать безопасность на уровне строк. За дополнительными подробностями обратитесь к Разделу 40.5.

*запрос*

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`.

## Замечания

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 запрос
```

## 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`.

*запрос*

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 протокол «расширенных 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 протокола расширенных 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 и удерживаемые (WITH HOLD) курсоры могут выдавать неожиданные результаты, если они вызывают изменчивые функции (см. Раздел 37.6). Когда повторно выбирается ранее прочитанная строка, функции могут вызываться снова и выдавать

результаты, отличные от полученных в первый раз. Один из способов 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 список_USING ]
    [ 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.

*список_USING*

Список табличных выражений, позволяющий добавлять в условие WHERE столбцы из других таблиц. Он подобен списку таблиц, который можно задать в предложении «Предложение FROM»

оператора SELECT; например, в нём можно определить псевдоним для таблицы. Целевую таблицу повторять в *списке_USING* нужно, только если требуется определить замкнутое соединение.

*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 булевским 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.

## Замечания

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:

```
SET SESSION AUTHORIZATION DEFAULT;
RESET ALL;
DEALLOCATE ALL;
CLOSE ALL;
UNLISTEN *;
SELECT pg_advisory_unlock_all();
DISCARD PLANS;
DISCARD SEQUENCES;
DISCARD TEMP;
```

## Замечания

`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`.

## Замечания

Применяемый процедурный язык должен быть уже зарегистрирован в текущей базе с помощью команды `CREATE LANGUAGE`. 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.

## 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 5.13).

`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 5.13).

`RESTRICT`

Отказать в удалении агрегатной функции, если от неё зависят какие-либо объекты. Это поведение по умолчанию.

## Замечания

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 5.13).

`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
```

## Описание

Оператор `DROP DATABASE` удаляет базу данных. Он удаляет из каталогов записи, относящиеся к базе данных, а также удаляет каталог, содержащий данные. Выполнить эту команду может только владелец базы данных. Кроме того, удалить базу нельзя, пока к ней подключены вы или кто-то ещё. (Чтобы выполнить эту команду, подключитесь к `postgres` или любой другой базе данных.)

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.

## Замечания

`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 5.13).

`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 5.13).

`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.

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 5.13).

`RESTRICT`

Отказать в удалении расширения, если от него зависят какие-либо объекты (кроме объектов, составляющих его, и других расширений, перечисленных в той же команде `DROP`). 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 5.13).

`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 5.13).

`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 5.13).

`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 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 исключительную блокировку 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.

`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 5.13).

`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 5.13).

`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 5.13).

`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 5.13).

`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 5.13).

`RESTRICT`

Отказать в удалении класса операторов, если от него зависят какие-либо объекты. Это поведение по умолчанию.

## Замечания

`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 5.13).

`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 5.13).

`RESTRICT`

Отказать в удалении объектов, принадлежащих роли, если от каких-либо из них зависят другие объекты в базе данных. Это поведение по умолчанию.

## Замечания

`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 DROP OWNED даёт альтернативную возможность — удалить все объекты базы данных, принадлежащие одной или нескольким ролям. Однако `DROP OWNED` не затрагивает права, назначенные для других объектов.

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 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.

## Замечания

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 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 5.13).

`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 5.13).

`RESTRICT`

Отказать в удалении схемы, если она содержит какие-либо объекты. Это поведение по умолчанию.

## Замечания

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 5.13).

`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 5.13).

`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 [, ...]
```

## 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.

## 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.

## Замечания

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 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 31.2.1.

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 будет удалено полностью, но в случае с первичным ключом удалено будет только само ограничение, а не 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 5.13).

`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.

## Замечания

`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 5.13).

`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 5.13).

`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 5.13).

`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 5.13).

`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 5.13).

`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 5.13).

`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 5.13).

`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 5.13).

`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 ]
```

## 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.

## Замечания

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» документации по оператору 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 ]
    BUFFERS [ 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.

BUFFERS

Включить информацию об использовании буфера. В частности, вывести число попаданий, блоков прочитанных, загрязненных и записанных в разделяемом и локальном буфере, а также число прочитанных и записанных временных блоков. *Попаданием* 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 показывает, сколько ранее не модифицированных блоков изменила данная операция; тогда как число *записанных* блоков 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.

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.

## Замечания

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 [ direction [ FROM | IN ] ] имя_курсора
```

Здесь *direction* может быть пустым или принимать следующее значение:

```
    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

*direction*

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.

## Замечания

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 имя_функции [ ( [ [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента
 [, ...] ] ) ] [, ...]
         | ALL FUNCTIONS 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 ]

Здесь указание_роли:

    [ GROUP ] имя_роли
  | PUBLIC
  | CURRENT_USER
  | SESSION_USER

GRANT имя_роли [, ...] TO имя_роли [, ...] [ WITH ADMIN OPTION ]
```

# 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, 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.

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 и функций (но заметьте, что указание ALL TABLES распространяется также на представления и сторонние таблицы).

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.

PostgreSQL по умолчанию назначает группе PUBLIC определённые права для некоторых типов объектов. Для таблиц, столбцов, последовательностей, обёрток сторонних данных, сторонних серверов, больших объектов, схем или табличных пространств PUBLIC по умолчанию никаких прав не имеет. Для других типов объектов PUBLIC имеет следующие права по умолчанию: CONNECT и TEMPORARY (создание временных таблиц) для баз данных; EXECUTE — для функций, USAGE — для

языков и типов данных (включая домены). Владелец объекта, конечно же, может отозвать (с помощью 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 смог бы обратиться к объекту.) Кроме того, эти изначально назначаемые права по умолчанию можно изменить, воспользовавшись командой ALTER DEFAULT PRIVILEGES.

Все возможные права перечислены ниже:

SELECT

Позволяет выполнять SELECT для любого столбца или перечисленных столбцов в заданной таблице, представлении или последовательности. Также позволяет выполнять COPY TO. Помимо того, это право требуется для обращения к существующим значениям столбцов в UPDATE или DELETE. Для последовательностей это право позволяет пользоваться функцией currval. Для больших объектов это право позволяет читать содержимое объекта.

INSERT

Позволяет вставлять строки в заданную таблицу с помощью INSERT. Если право ограничивается несколькими столбцами, только их значение можно будет задать 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. (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 необходимо 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 строки из заданной таблицы с помощью DELETE. (На практике для любой нетривиальной команды DELETE потребуется также право SELECT, так как она должна обратиться к столбцам таблицы, чтобы определить, какие строки подлежат удалению.)

TRUNCATE

Позволяет опустошить заданную таблицу с помощью TRUNCATE.

REFERENCES

Позволяет создавать ограничение внешнего ключа, ссылающееся на определённую таблицу либо на определённые столбцы таблицы. (См. описание CREATE TABLE.)

TRIGGER

Позволяет создавать триггеры в заданной таблице. (См. описание оператора CREATE TRIGGER.)

CREATE

Для баз данных это право позволяет создавать схемы и публикации в заданной 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 заданном табличном пространстве, а также создавать базы данных, для которых это пространство будет основным. (Учтите, что когда это право отзывается, существующие объекты остаются в прежнем расположении.)

CONNECT

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

TEMPORARY
TEMP

Позволяет создавать временные таблицы в заданной базе данных.

EXECUTE

Позволяет выполнять заданную функцию и применять любые определённые поверх неё операторы. Это единственный тип прав, применимый к функциям. (Этот синтаксис распространяется и на агрегатные функции.)

USAGE

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

Для схем это право даёт доступ к объектам, содержащимся в заданной схеме (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 таблицам. 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. Не имея этого права, субъект лишается только возможности 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 новые серверы, используя заданную обёртку.

Для серверов это право позволяет создавать определения сторонних таблиц, связанные с этим сервером. Субъекты могут также создавать, изменять или удалять сопоставление для собственного имени пользователя, связанное с этим сервером.

ALL PRIVILEGES

Даёт целевой роли все права сразу. Ключевое слово PRIVILEGES является необязательным в PostgreSQL, хотя в стандарте SQL оно требуется.

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

## 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.

С указанием WITH ADMIN OPTION новоиспечённый член роли 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.

В отличие от прав, членство в ролях нельзя назначить группе PUBLIC. Заметьте также, что эта форма команды не принимает избыточное слово GROUP.

## Замечания

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.

Чтобы получить информацию о существующих правах, назначенных для таблиц и столбцов, воспользуйтесь командой \dp в psql. Например:

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

Записи, выводимые командой `\dp`, интерпретируются так:

```
имя_роли=xxxx -- права, назначенные роли
        =xxxx -- права, назначенные PUBLIC

            r -- SELECT ("read", чтение)
            w -- UPDATE ("write", запись)
            a -- INSERT ("append", добавление)
            d -- DELETE
            D -- TRUNCATE
            x -- REFERENCES
            t -- TRIGGER
            X -- EXECUTE
            U -- USAGE
            C -- CREATE
            c -- CONNECT
            T -- TEMPORARY
      arwdDxt -- ALL PRIVILEGES (все права для таблиц; для других объектов другие)
            * -- право передачи заданного права

        /yyyy -- роль, назначившая это право
```

В примере выше показано, что увидит пользователь `miriam`, если создаст таблицу `mytable` и выполнит:

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

Для других объектов есть другие команды `\d`, которые также позволяют просмотреть назначенные права.

Если столбец «Права доступа» для данного объекта пуст, это значит, что для объекта действуют стандартные права (то есть столбец прав 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 проявлению 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», 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.

## 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.

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 } [, ...] ) [, ...] | запрос }
    [ 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.

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 строки, предназначенные 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

Без этого предложения не допускается задание явного значения (отличного от DEFAULT) для столбца идентификации, определённого с характеристикой GENERATED ALWAYS. Данное предложение перекрывает это ограничение.

OVERRIDING USER VALUE

Если указывается это предложение, то значения, представляемые для столбцов идентификации, определённых с характеристикой GENERATED BY DEFAULT, 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. (Предложение `OVERRIDING` в этой форме не допускается.)

*выражение*

Выражение или значение, которое будет присвоено соответствующему столбцу.

`DEFAULT`

Соответствующий столбец получит значение по умолчанию.

*запрос*

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_кон-*

*фликта* 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 строкам, предлагаемым 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.

> **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. Если *число* равняется одному, а целевая таблица содержит oid, то в качестве *oid* выводится OID, назначенный добавленной строке. Эта одна строка должна быть добавлена, но не изменена. В противном случае в качестве *oid* выводится ноль.

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.

## Замечания

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 команда 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 булевский 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 уведомления через канал с заданным именем (*канал*). Если текущий сеанс уже зарегистрирован и ожидает уведомления 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.

В описании NOTIFY использование `LISTEN` и `NOTIFY` рассматривается более подробно.

## Параметры

*канал*

Имя канала уведомлений (любой идентификатор).

## Замечания

`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.

## 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 37.9.1.

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.)

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.

## Замечания

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.

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 Подразделу «Предложение блокировки» в справочной документации 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 [ direction [ FROM | IN ] ] имя_курсора

Здесь direction может быть пустым или принимать следующее значение:

    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-ую 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, сервер может решить доставить только одно уведомление. Если же сообщения различаются, уведомления будут всегда доставлены 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 поступают в том же порядке, в каком были отправлены. Также гарантируется, что сообщения от разных транзакций поступают в порядке фиксации 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.)

## Замечания

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 9.25.

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, в котором этот параметр используется впервые (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, в котором этот параметр используется впервые. Для обращения к параметрам в самом подготовленном операторе используется запись `$1`, `$2` и т. д.

*оператор*

Любой оператор `SELECT`, `INSERT`, `UPDATE`, `DELETE` или `VALUES`.

## Замечания

Подготовленные операторы могут использовать общие планы, а не перестраивать план для каждого набора переданных значений EXECUTE. Для подготовленных операторов без параметров это происходит сразу; иначе общий план выбирается после пяти и более выполнений, при которых получаются планы с ожидаемой средней стоимостью (включая издержки планирования), превышающей оценку стоимости общего плана. Когда общий план выбран, он будет использоваться до конца жизни подготовленного оператора. При использовании значений EXECUTE, которые редко встречаются в столбцах со множеством дублирующихся значений, могут быть построены специализированные планы настолько выгоднее общего плана, что даже с издержками планирования общий план может не использоваться никогда.

Для общего плана предполагается, что значения, передаваемые в EXECUTE, являются уникальными значениями в столбце и что эти значения распределены равномерно. Например, если в статистике записаны три различных значения столбца, с общим планом предполагается, что проверке на равенство для столбца будут соответствовать 33% обработанных строк. Статистика по столбцам также позволяет общим планам точно вычислять избирательность для уникальных столбцов. Сравнения по столбцам с неоднородным распределением и указания несуществующих значений влияют на среднюю стоимость плана и следовательно, на то, будет ли выбран общий план и когда.

Чтобы узнать, какой план выполнения выбирает PostgreSQL для подготовленного оператора, воспользуйтесь EXPLAIN (например, напишите EXPLAIN EXECUTE). Если применяется общий план, он будет содержать символы параметров $*n*, тогда как в специализированном плане будут подставлены фактические значения параметров. Оценки строк в общем плане отражают избирательность, вычисленную для конкретных 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);
```

Заметьте, что 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.

## Замечания

`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.

## Замечания

`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` требуются права и для исходной, и для целевой роли.

Команда DROP OWNED предлагает альтернативное решение, просто удаляя все объекты в базе 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.

## Замечания

Тогда как индекс по умолчанию для операций CLUSTER команда `REFRESH MATERIALIZED VIEW` сохраняет, она не упорядочивает генерируемые строки по нему. Если генерируемые данные необходимо упорядочить, в определяющем запросе нужно явно указать `ORDER BY`.

## 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 [ ( VERBOSE ) ] { INDEX | TABLE | SCHEMA | DATABASE | SYSTEM } имя
```

## 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.
- Построение индекса с параметром `CONCURRENTLY` завершилось ошибкой, в результате чего индекс оказался «нерабочим». Такие индексы бесполезны, но их можно легко перестроить, воспользовавшись командой `REINDEX`. Однако заметьте, что `REINDEX` будет перестраивать их в обычном, а не в неблокирующем режиме. Чтобы перестроить такой индекс, минимизируя влияние на производственную среду, его следует удалить, а затем снова выполнить команду `CREATE INDEX CONCURRENTLY`.

## 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.

`VERBOSE`

Выводит отчёт о прогрессе после переиндексации каждого индекса.

## Замечания

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 исключительную блокировку для обрабатываемого индекса, что блокирует чтение таблицы, при котором задействуется этот индекс. `DROP INDEX`, напротив, моментально устанавливает исключительную блокировку 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 базы данных необходимо быть владельцем базы данных (заметьте, что он может таким образом перестроить индексы таблиц, принадлежащих другим пользователям). Разумеется, суперпользователи могут переиндексировать всё без ограничений.

## 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
```

## Совместимость

Команда `REINDEX` отсутствует в стандарте SQL.

# 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.

## Замечания

Указание имени точки сохранения, не определённой ранее, считается ошибкой.

Освободить точку сохранения в транзакции, находящейся в прерванном состоянии, нельзя.

Если одно имя дано нескольким точкам сохранения, освобождена будет только последняя из них.

## 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 { [ GROUP ] имя_роли | PUBLIC } [, ...]
    [ CASCADE | RESTRICT ]

REVOKE [ GRANT OPTION FOR ]
    { { SELECT | INSERT | UPDATE | REFERENCES } ( имя_столбца [, ...] )
    [, ...] | ALL [ PRIVILEGES ] ( имя_столбца [, ...] ) }
    ON [ TABLE ] имя_таблицы [, ...]
    FROM { [ GROUP ] имя_роли | PUBLIC } [, ...]
    [ CASCADE | RESTRICT ]

REVOKE [ GRANT OPTION FOR ]
    { { USAGE | SELECT | UPDATE }
    [, ...] | ALL [ PRIVILEGES ] }
    ON { SEQUENCE имя_последовательности [, ...]
         | ALL SEQUENCES IN SCHEMA имя_схемы [, ...] }
    FROM { [ GROUP ] имя_роли | PUBLIC } [, ...]
    [ CASCADE | RESTRICT ]

REVOKE [ GRANT OPTION FOR ]
    { { CREATE | CONNECT | TEMPORARY | TEMP } [, ...] | ALL [ PRIVILEGES ] }
    ON DATABASE имя_бд [, ...]
    FROM { [ GROUP ] имя_роли | PUBLIC } [, ...]
    [ CASCADE | RESTRICT ]

REVOKE [ GRANT OPTION FOR ]
    { USAGE | ALL [ PRIVILEGES ] }
    ON DOMAIN имя_домена [, ...]
    FROM { [ GROUP ] имя_роли | PUBLIC } [, ...]
    [ CASCADE | RESTRICT ]

REVOKE [ GRANT OPTION FOR ]
    { USAGE | ALL [ PRIVILEGES ] }
    ON FOREIGN DATA WRAPPER имя_обёртки_сторонних_данных [, ...]
    FROM { [ GROUP ] имя_роли | PUBLIC } [, ...]
    [ CASCADE | RESTRICT ]

REVOKE [ GRANT OPTION FOR ]
    { USAGE | ALL [ PRIVILEGES ] }
    ON FOREIGN SERVER имя_сервера [, ...]
    FROM { [ GROUP ] имя_роли | PUBLIC } [, ...]
    [ CASCADE | RESTRICT ]

REVOKE [ GRANT OPTION FOR ]
    { EXECUTE | ALL [ PRIVILEGES ] }
    ON { FUNCTION имя_функции [ ( [ [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента
 [, ...] ] ) ] [, ...]
```

```
          | ALL FUNCTIONS IN SCHEMA имя_схемы [, ...] }
    FROM { [ GROUP ] имя_роли | PUBLIC } [, ...]
    [ CASCADE | RESTRICT ]

REVOKE [ GRANT OPTION FOR ]
    { USAGE | ALL [ PRIVILEGES ] }
    ON LANGUAGE имя_языка [, ...]
    FROM { [ GROUP ] имя_роли | PUBLIC } [, ...]
    [ CASCADE | RESTRICT ]

REVOKE [ GRANT OPTION FOR ]
    { { SELECT | UPDATE } [, ...] | ALL [ PRIVILEGES ] }
    ON LARGE OBJECT oid_БО [, ...]
    FROM { [ GROUP ] имя_роли | PUBLIC } [, ...]
    [ CASCADE | RESTRICT ]

REVOKE [ GRANT OPTION FOR ]
    { { CREATE | USAGE } [, ...] | ALL [ PRIVILEGES ] }
    ON SCHEMA имя_схемы [, ...]
    FROM { [ GROUP ] имя_роли | PUBLIC } [, ...]
    [ CASCADE | RESTRICT ]

REVOKE [ GRANT OPTION FOR ]
    { CREATE | ALL [ PRIVILEGES ] }
    ON TABLESPACE табл_пространство [, ...]
    FROM { [ GROUP ] имя_роли | PUBLIC } [, ...]
    [ CASCADE | RESTRICT ]

REVOKE [ GRANT OPTION FOR ]
    { USAGE | ALL [ PRIVILEGES ] }
    ON TYPE имя_типа [, ...]
    FROM { [ GROUP ] имя_роли | PUBLIC } [, ...]
    [ CASCADE | RESTRICT ]

REVOKE [ ADMIN OPTION FOR ]
    имя_роли [, ...] FROM имя_роли [, ...]
    [ CASCADE | RESTRICT ]
```

## 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 допол-

нительно 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.

При лишении пользователя членства в роли GRANT OPTION меняется на ADMIN OPTION, в остальном поведение команды похожее. Заметьте также, что эта форма команды не принимает избыточное слово GROUP.

## Замечания

Для просмотра прав, назначенных для существующих таблиц и столбцов, можно воспользоваться командой \dp в psql. Формат её вывода рассматривается в описании GRANT. Для других, не табличных объектов предусмотрены другие команды \d, которые могут показывать в том числе и назначенные для них права.

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.

## 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

# ROLLBACK

ROLLBACK — прервать текущую транзакцию

## Синтаксис

```
ROLLBACK [ WORK | TRANSACTION ]
```

## Описание

`ROLLBACK` откатывает текущую транзакцию и приводит к аннулированию всех изменений, произведённых транзакцией.

## Параметры

`WORK`
`TRANSACTION`

Необязательные ключевые слова, не оказывают никакого влияния.

## Замечания

Чтобы завершить и зафиксировать транзакцию, используйте COMMIT.

При выполнении команды `ROLLBACK` вне блока транзакции выдаётся предупреждение и больше ничего не происходит.

## Примеры

Чтобы прервать все операции:

```
ROLLBACK;
```

## Совместимость

В стандарте SQL описаны только две формы: `ROLLBACK` и `ROLLBACK WORK`. В остальном эта команда полностью соответствует стандарту.

## 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.

## Замечания

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.

## Замечания

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.

## Замечания

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.

## 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 |
  PUBLICATION имя_объекта |
  ROLE имя_объекта |
  SCHEMA имя_объекта |
  SEQUENCE имя_объекта |
  SUBSCRIPTION имя_объекта |
  TABLESPACE имя_объекта |
  TYPE имя_объекта |
  VIEW имя_объекта
} IS 'метка'

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, так же 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 SE-Linux. Такие системы принимают

все решения по ограничению доступа, учитывая метки объектов, а не традиционные сущности избирательного управления доступом (DAC), такие как пользователи и группы.

## Параметры

*имя_объекта*
*имя_таблицы.имя_столбца*
*имя_агрегатной_функции*
*имя_функции*

Имя помечаемого объекта. Имена таблиц, агрегатных и обычных функций, 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 обычной или агрегатной функции: `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 обычной или агрегатной функции. 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 обычной или агрегатной функции.

*oid_большого_объекта*

OID большого объекта.

`PROCEDURAL`

Это слово не несёт смысловой нагрузки.

*метка*

Новая метка безопасности, записанная в виде строковой константы, либо `NULL`, если метку безопасности нужно удалить.

## Примеры

Следующий пример показывает, как можно изменить метку безопасности для таблицы.

```
SECURITY LABEL FOR selinux ON TABLE mytable IS 'system_u:object_r:sepgsql_table_t:s0';
```

## 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 ]
    [ 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 [ NATURAL ] тип_соединения элемент_FROM [ ON условие_соединения |
 USING ( столбец_соединения [, ...] ) ]

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 ( 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` выполняется только один раз, даже если он фигурирует в списке `FROM` неоднократно. (См. Подраздел «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. Подраздел «Предложение `FROM`» ниже.)
3. Если указано предложение `WHERE`, все строки, не удовлетворяющие условию, исключаются из результата. (См. Подраздел «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. Подраздел «Предложение `GROUP BY`» и Подраздел «Предложение `HAVING`» ниже.)
5. Вычисляются фактические выходные строки по заданным в `SELECT` выражениям для каждой выбранной строки или группы строк. (См. Подраздел «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. Подраздел «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. Подраздел «Предложение `UNION`+», Подраздел «Предложение `INTERSECT`» и Подраздел «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. Подраздел «Предложение `ORDER BY`» ниже.)
9. Если указано предложение `LIMIT` (или `FETCH FIRST`) либо `OFFSET`, оператор `SELECT` возвращает только подмножество строк результата. (См. Подраздел «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. Подраздел «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.

Ключевое свойство запросов WITH состоит в том, что они 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.

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.

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 табли-

цы 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 таблицу 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 из результата функции создаётся временная таблица на время выполнения основной команды SELECT. Если вызов функции сопровождается необязательным предложением WITH ORDINALITY, после всех выдаваемых функцией столбцов в вывод добавляется ещё один столбец с номерами строк.

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 альтернатив-

ные имена для атрибутов составного типа результата функции, включая имя столбца, который может быть добавлен предложением ORDINALITY.

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
- CROSS JOIN

Для типов соединений INNER и OUTER необходимо указать условие соединения, а именно одно из предложений NATURAL, ON *условие_соединения* или USING (*столбец_соединения* [, ...]). Эти предложения описываются ниже. Для CROSS JOIN ни одно из этих предложений не допускается.

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.

CROSS JOIN и INNER JOIN формируют простое декартово произведение, то же, что можно получить, указав две таблицы на верхнем уровне FROM, но ограниченное возможным условием соединения. Предложение CROSS JOIN равнозначно INNER JOIN ON (TRUE), то есть, никакие строки по условию не удаляются. Эти типы соединений введены исключительно для удобства записи, они не дают ничего такого, что нельзя было бы получить, используя просто 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.

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 разбиения 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 Подраздела «Предложение 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 Подраздела «Предложение ORDER BY», за исключением того, что выражения в нём всегда принимаются 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 } начало_рамки
{ RANGE | ROWS } BETWEEN начало_рамки AND конец_рамки
```

Здесь *начало_рамки* и *конец_рамки* может задаваться как

```
UNBOUNDED PRECEDING
значение PRECEDING
CURRENT ROW
значение FOLLOWING
UNBOUNDED FOLLOWING
```

Если *конец_рамки* опущен, по умолчанию подразумевается CURRENT ROW. В качестве *начала_рамки* нельзя задать UNBOUNDED FOLLOWING, а в качестве *конца_рамки* — UNBOUNDED PRECEDING, к тому же выбранный вариант *конца_рамки* не может стоять в приведённом списке выше варианта *начала_рамки* — например, комбинация RANGE BETWEEN CURRENT ROW AND *значение* 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, которую ORDER BY считает равной текущей), либо все строки раздела, если ORDER BY отсутствует. Вообще UNBOUNDED PRECEDING означает, что рамка начинается с первой строки раздела, а UNBOUNDED FOLLOWING означает, что рамка заканчивается на последней строке раздела (вне зависимости от режима RANGE или ROWS). В режиме ROWS указание CURRENT ROW означает, что рамка начинается или заканчивается текущей строкой; но в режиме RANGE оно означает, что рамка начинается или заканчивается первой или последней строкой, родственной текущей, согласно порядку ORDER BY. Варианты *значение* PRECEDING и *значение* FOLLOWING в настоящее время допускаются только в режиме ROWS. Они показывают, что рамка начинается или заканчивается со сдвигом на заданное количество строк назад или вперёд от текущей. Здесь *значение* должно быть целочисленным выражением, не содержащим никакие переменные, агрегатные или оконные функции. Это значение не может быть отрицательным или равным NULL, но может быть равно 0 (при этом выбирается текущая строка).

Учтите, что варианты ROWS могут выдавать непредсказуемые результаты, если согласно порядку, заданному в ORDER BY, строки сортируются неоднозначно. Варианты RANGE предусмотрены для того, чтобы строки, являющиеся родственными в порядке ORDER BY, обрабатывались одинаково; все родственные строки будут находиться в одной рамке.

Предложение WINDOW применяется для управления поведением *оконных функций*, фигурирующих в запросе, в Подразделе «Список SELECT» или Подразделе «Предложение 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
```

Здесь *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
```

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. 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` равным `'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, films f
    WHERE f.did = d.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.

### Ограничения предложения WINDOW

Стандарт SQL предоставляет дополнительные возможности для указания *предложения_рамки* окна. PostgreSQL в настоящее время поддерживает только варианты, описанные выше.

### 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 Подразделе «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.

# 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.

## Замечания

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`.

Чтобы добавить столбец OID в таблицу, создаваемую командой `SELECT INTO`, необходимо установить конфигурационную переменную default_with_oids. С другой стороны, можно использовать `CREATE TABLE AS` с предложением `WITH OIDS`.

## 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 { часовой_пояс | 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, для внутреннего применения они затем умножаются на $2^{31}$-1.

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:

`'PST8PDT'`

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`.

Узнать о часовых поясах подробнее можно в Подразделе 8.5.3.

## Замечания

Также изменить значение параметра можно с помощью функции `set_config`; см. Раздел 9.26. 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 'PST8PDT';
```

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.

## Замечания

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.

Формы `NONE` и `RESET` сбрасывают идентификатор текущего пользователя, так что активным становится идентификатор пользователя сеанса. Эти формы могут выполняться любыми пользователями.

## Замечания

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.

## Замечания

`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 запре-

щаются 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 9.26.5). 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 '000003A1-1'. 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».

## Замечания

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 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.

## 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.

## Замечания

Ту же информацию выдаёт функция `current_setting`; см. Раздел 9.26. 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.

## Замечания

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, так же 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!

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. Это отличается от обычного поведения ALTER SEQUENCE RESTART. 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.

## Замечания

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 список_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).

*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.

*список_FROM*

Список табличных выражений, позволяющий использовать в условии WHERE и выражениях присваивания столбцы из других таблиц. Этот список подобен тому, что задаётся в предложении «Предложение FROM» оператора SELECT. Заметьте, что целевую таблицу нужно добавлять в *список_FROM* только при формировании замкнутого соединения (в этом случае она должна фигурировать в *списке_FROM* под псевдонимом).

*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 булевским 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.

## Замечания

Когда присутствует предложение `FROM`, целевая таблица по сути соединяется с таблицами, перечисленными в *списке_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. Ввиду отсутствия средств для переноса строки в другую секцию, соответствующую новому значению ключа секционирования, в этой ситуации произойдёт ошибка. Это также возможно при непосредственном изменении данных в секции.

## 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 [ ( { FULL | FREEZE | VERBOSE | ANALYZE | DISABLE_PAGE_SKIPPING } [, ...] ) ]
 [ имя_таблицы [ (имя_столбца [, ...] ) ] ]
VACUUM [ FULL ] [ FREEZE ] [ VERBOSE ] [ имя_таблицы ]
VACUUM [ FULL ] [ FREEZE ] [ VERBOSE ] ANALYZE [ 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 параметра команда VACUUM обрабатывает все таблицы в текущей базе данных, которые может очистить текущий пользователь. Если в параметре передаётся имя таблицы, VACUUM обрабатывает только эту таблицу.

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. 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 исключительную блокировку 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 рассчитан для использования только когда целостность карты видимости вызывает подозрения, что возможно при аппаратных или программных сбоях, приводящих к разрушению БД.

*имя_таблицы*

Имя (возможно, дополненное схемой) определённой таблицы, подлежащей очистке. Если оно отсутствует, очистке подвергаются все обычные таблицы и материализованные представления в текущей базе данных. Если указанная таблица является секционированной, очищаться будут все её конечные секции.

*имя_столбца*

Имя столбца, подлежащего анализу. По умолчанию анализируются все столбцы. Если указан список столбцов, подразумевается операция 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.

## Замечания

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 64.4.1.

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.

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. 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 Подразделу «Предложение `ORDER BY`».

*оператор*

Оператор сортировки. За подробностями обратитесь к Подразделу «Предложение `ORDER BY`».

*число*

Максимальное число строк, которое должно быть возвращено. За подробностями обратитесь к Подразделу «Предложение `LIMIT`».

*начало*

Число строк, которые должны быть пропущены, прежде чем начнётся выдача строк. За подробностями обратитесь к Подразделу «Предложение `LIMIT`».

## Замечания

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* ] ... [*имя_бд*]

`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]` *имя_бд*
`[--dbname=]`*имя_бд*

Указывает имя базы данных для кластеризации. Если оно не указано, и параметр `-a` (или `--all`) не используется, то имя базы берётся из переменной окружения `PGDATABASE`. Если переменная окружения не установлена, то берётся имя пользователя из параметров подключения в качестве имени целевой базы.

`-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=`*имя_бд*

Указывает имя базы данных, в качестве опорной, для определения необходимости кластеризации других баз данных. По умолчанию используется `postgres`, а если она не существует, то используется `template1`.

## Переменные окружения

`PGDATABASE`
`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).

## 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*...] [*имя_бд* [*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:

*имя_бд*

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=`*имя_бд*

Указывает имя опорной базы данных, к которой при создании новой будет произведено подключение. Если имя не указано, то будет использоваться `postgres`. Если же `postgres` не существует, то будет использоваться `template1`.

## 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`.

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 дополнительного суперпользователя, необходимо подключиться от имени существующего, 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`

Разрешает новому пользователю создавать другие роли, что означает наделение привилегией `CREATEROLE`.

`-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

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*...] *имя_бд*

## 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:

*имя_бд*

Указывает имя удаляемой базы данных.

`-e`
`--echo`

Вывести команды к серверу, генерируемые при выполнении dropdb.

`-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=`*имя_бд*

Указывает имя базы данных, к которой будет произведено подключение при удалении целевой. Если имя не указано, то будет использовано `postgres`. Если же `postgres` не существует, то будет использоваться `template1`.

## 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).

## 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

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. Входным файлам лучше давать расширения `.pgc`. Это расширение будет автоматически заменяться на `.c`. Имя выходного файла также можно задать в параметре `-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 значение `INFORMIX` или `INFORMIX_SE`.

`-D` *символ*

Определить символ начала команд C-препроцессора.

`-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*

Указывает `ecpg` *имя файла*, в который будет осуществлен вывод.

`-r` *параметр*

Определяет поведение времени исполнения. *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.

## Замечания

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

pg_basebackup предназначен для создания резервных копий работающего кластера баз данных PostgreSQL. Процедура создания копии не влияет на работу других клиентов. Полученные копии могут использоваться для обеих стратегий восстановления — на заданный момент в прошлом (см. Раздел 25.3) и в качестве отправной точки для ведомого сервера при реализации трансляции файлов или потоковой репликации (см. Раздел 26.2).

pg_basebackup создаёт бинарную копию файлов кластера, контролируя режим создания копии автоматически. Резервные копии всегда создаются для кластера целиком и невозможно создать копию для какой-либо сущности базы отдельно. Для этой цели можно использовать, например, утилиту pg_dump.

Копия создаётся через обычное подключение к PostgreSQL, и при этом используется протокол репликации. Подключение должно осуществляться от лица суперпользователя или пользователя с правом `REPLICATION` (см. Раздел 21.2), а в `pg_hba.conf` должно быть прописано подключение для репликации. Значение max_wal_senders на сервере должно быть достаточно большим, чтобы допускать минимум ещё одно подключение для копирования и одно для трансляции WAL (если она используется).

Можно запустить одновременно несколько команд `pg_basebackup`, но с точки зрения производительности лучше делать всего одну копию одновременно, а затем копировать получаемый результат.

С помощью pg_basebackup можно получить базовую копию не только на ведущем, но и на ведомом сервере. Для этого на ведомом сервере необходимо разрешить соединения репликации (параметры `max_wal_senders` и hot_standby, а также настроить аутентификацию компьютера). При этом на ведущем необходимо 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.
- При использовании ключа `-X none` нет гарантии, что все файлы WAL, требуемые для резервной копии, будут заархивированы в конце копирования.
- Если ведомый сервер переключается в роль ведущего 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.

## Параметры

Описанные далее аргументы командной строки влияют на размещение и формат вывода.

`-D` *каталог*
`--pgdata=`*каталог*

Целевой каталог для записи данных. pg_basebackup создаст его и родительские, если необходимо. Каталог может быть создан заранее, но должен быть пустым, иначе возникнет ошибка.

Если резервирование работает в режиме `tar`, а имя каталога имеет значение `-` (тире), то tar-файл будет писаться 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 текущую схему размещения каталогов данных и табличных пространств. Если кластер не имеет дополнительных табличных пространств, то 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 находятся на сервере.

Это формат по умолчанию.

`t`
`tar`

Записывает в целевой каталог файлы в формате tar. Основной каталог хранения данных будет писаться в файл `base.tar`, а табличные пространства — в файлы, именованные в соответствии с их OID.

Если имя целевого каталога задано как `-` (тире), то данные будут писаться в стандартный вывод, что позволяет, например, использовать gzip. Это возможно лишь когда не применяются дополнительные табличные пространства и не используется трансляция WAL.

`-r` *`скорость_передачи`*
`--max-rate=`*`скорость_передачи`*

Максимальная скорость передачи данных с сервера. Значение задаётся в Кб/с. Для установки значения в мегабайтах, можно использовать суффикс `M`. Также допустим суффикс `k`, но он не принципиален. Допустимые значения лежат в рамках между 32 Кб/с и 1024 Мб/с.

Служит для снижения влияния на производительность сервера со стороны работающего pg_basebackup.

Параметр всегда влияет на передачу данных каталога хранения. На передачу данных файлов WAL влияние оказывается лишь при методе сбора `fetch`.

`-R`
`--write-recovery-conf`

Записать минимальный файл `recovery.conf` в каталог вывода (или базовый архивный файл при использовании формата tar) для упрощения настройки ведомого сервера. В файл `recovery.conf` будут записаны параметры соединения и, если указан, слот репликации, который использует pg_basebackup, так что впоследствии при потоковой репликации будут использоваться те же параметры.

`-S` *`имя_слота`*
`--slot=`*`имя_слота`*

Этот параметр может применяться только вместе с `-X stream`. Он устанавливает использование заданного слота репликации при потоковой передаче WAL. Если базовая копия предназначена для использования на ведомом сервере с потоковой репликацией, затем должен использоваться слот с тем же именем в `recovery.conf`. Тем самым гарантируется, что сервер не удалит никакие необходимые данные WAL после того, как базовая копия будет получена, и до того, как начнётся потоковая репликация.

Если этот ключ не указан и сервер поддерживает временные слоты репликации (они появились в версии 10), для трансляции WAL автоматически используется временный слот репликации.

`--no-slot`

Этот ключ предотвращает создание временного слота репликации во время резервного копирования, даже если это поддерживается сервером.

Временные слоты репликации создаются по умолчанию, если при трансляции журнала имя слота не задаётся в параметре `-S`.

Основное предназначение этого ключа в том, чтобы можно было сделать базовую резервную копию, когда на сервере не хватает свободных слотов репликации. Использование слотов репликации почти всегда предпочтительнее, так как при этом предотвращается удаление во время резервного копирования необходимых файлов WAL с сервера.

`-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`* должен задаваться в точности путь табличного пространства, как он определён. (Но не будет ошибкой, если табличного пространства, на которое указывает *`старый_каталог`*, в архиве не окажется.) 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. См. примеры ниже.

Если табличное пространство перемещается таким способом, символьные 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.

`--waldir=`*`каталог_wal`*

Указывает размещение каталога хранения журнала предзаписи. Задаваемый в параметре *`каталог_wal`* путь должен быть абсолютным. Каталог с журналом предзаписи можно задать только при создании копии в простом режиме.

`-X` *`метод`*
`--wal-method=`*`метод`*

Включает все необходимые файлы журналов предзаписи (файлы WAL) в резервную копию. В том числе включаются все журналы предзаписи, сгенерированные в процессе создания резервной копии. Если только не выбран метод `none`, главный процесс БД может быть запущен непосредственно с восстановленным каталогом, без обращения к дополнительному архиву журналов; таким образом будет получена полностью самодостаточная резервная копия.

Для сбора журналов предзаписи поддерживаются следующие методы:

`n`
`none`

Не включать журнал предзаписи в резервную копию.

`f`
`fetch`

Файлы журнала предзаписи собираются в конце процесса копирования. Таким образом необходимо установить достаточно большое значение параметра wal_keep_segments, чтобы избежать преждевременного удаления файлов журнала. В случае удаления файлов до завершения процесса копирования возникнет ошибка, а копия будет непригодной к использованию.

Когда используется формат tar, файлы журнала предзаписи записываются в файл `base.tar`.

`s`
`stream`

Передавать журнал предзаписи в процессе создания резервной копии. При этом открывается второе соединение к серверу, по которому будет передаваться журнал предзаписи, одновременно с созданием резервной копии. Таким образом будут использоваться два подключения из разрешённых параметром max_wal_senders. И если клиент будет успевать получать журнал предзаписи, ведущему серверу не потребуется хранить дополнительные файлы журнала.

Когда используется формат tar, файлы журнала предзаписи сохраняются в отдельном файле 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 влияют на генерацию резервной копии и ход выполнения приложения.

`-c` *fast*|*spread*
`--checkpoint=`*fast*|*spread*

Устанавливает режим контрольных точек: fast (быстрый) или spread (протяжённый, по умолчанию). Подробнее см. Подраздел 25.3.3.

`-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, каталог данных 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.

`-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.

Если режим включён, то процесс копирования начнется с перечисления размеров всей базы, а затем продолжится отправкой непосредственно данных. Это может немного увеличить время операции, в частности, пройдёт больше времени до начала передачи данных.

`-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.

`-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.

Далее описаны параметры управления подключением.

`-d` *`строка_подключения`*
`--dbname=`*`строка_подключения`*

Указывает параметры подключения к серверу в формате строки подключения. См. Подраздел 33.1.1 для более подробной информации.

Параметр называется `--dbname` для согласованности с другими клиентскими приложениями, но так как pg_basebackup 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.

`-s` *`interval`*
`--status-interval=`*`interval`*

Указывает интервал в секундах между отправкой пакетов статуса, отправляемых на сервер. Это позволяет упростить мониторинг прогресса. Чтобы выключить периодическое обновление статуса, 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.

`-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_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.

`-?`
`--help`

Вывести справку по команде pg_basebackup.

## Переменные окружения

Как и большинство других утилит PostgreSQL, приложение также использует переменные окружения, поддерживаемые libpq (см. Раздел 33.14).

## Замечания

Прежде чем начнётся копирование, на сервере с копируемой базой 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`, табличные пространства в простом формате будут копироваться в тот же путь, который они имеют на 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 режим формата tar, пользователь должен позаботиться о том, чтобы все архивы tar были распакованы до запуска сервера PostgreSQL. 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 9.1. Однако режим трансляции WAL (`-X stream`) поддерживается с версиями сервера не ниже 9.3, а режим формата tar (`--format=tar`) текущей версии совместим только с версиями сервера не ниже 9.5.

## 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*...] [*имя_бд*]

`pgbench` [*параметр*...] [*имя_бд*]

## 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:

`-i`
`--initialize`

Требуется для вызова режима инициализации.

`-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 после инициализации.

`-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).

`-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.

`--index-tablespace=`*табл_пространство_индексов*

Создать индексы в указанном табличном пространстве, а не в пространстве по умолчанию.

`--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 указанный встроенный скрипт в список выполняемых скриптов. Необязательный целочисленный вес, задаваемый после `@`, позволяет изменить вероятность выбора скрипта. Если он не указан, подразумевается значение 1. 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.

`-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*. Изменить вероятность выбора этого скрипта позволяет необязательный целочисленный вес, задаваемый после `@`. Подробности описаны 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 протокол простых запросов.
- `extended`: использовать протокол расширенных запросов.
- `prepared`: использовать протокол расширенных запросов с подготовленными операторами.

По умолчанию выбирается протокол простых 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.

`--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 (то есть, с частотой выборки 0.01 вы получите только 1/100 фактической скорости).

### Общие параметры

pgbench принимает следующие общие аргументы командной строки:

`-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.

## Замечания

### Каково содержание «транзакции», которую выполняет pgbench?

Программа pgbench выполняет тестовые скрипты, выбирая их случайным образом из заданного списка. В том числе это встроенные скрипты, заданные аргументами `-b`, и пользовательские скрипты, заданные аргументами `-f`. Для каждого скрипта можно задать относительный вес после `@`, чтобы скорректировать вероятность его выбора. Вес по умолчанию — `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. 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 241. 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.

**Таблица 241. Автоматические переменные**

| Переменная | Описание |
|---|---|
| `scale` | текущий коэффициент масштаба |
| `client_id` | уникальное число, идентифицирующее клиентский сеанс (начиная с нуля) |

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:

`\set` *`имя_переменной выражение`*

Устанавливает для переменной *`имя_переменной`* значение, вычисленное из *`выражения`*. Выражение может содержать целочисленные константы (например, `5432`), константы с плавающей точ-

кой двойной точности (например, `3.14159`), ссылки на переменные (`:имя_переменной`), унарные операторы (`+`, `-`), бинарные операторы (`+`, `-`, `*`, `/`, `%`), вычисляемые в обычном порядке, вызовы функций, а также скобки.

Примеры:

```
\set ntellers 10 * :scale
\set aid (1021 * random(1, 100000 * :scale)) % \
           (100000 * :scale) + 1
```

`\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 функции

Функции, перечисленные в Таблице 242, встроены в pgbench и могут применяться в выражениях в метакоманде `\set`.

**Таблица 242. Функции pgbench**

| Функция | Тип результата | Описание | Пример | Результат |
|---|---|---|---|---|
| `abs( a)` | то же, что и *a* | модуль числа ( абсолютное значение) | `abs(-17)` | `17` |
| `debug( a)` | то же, что и *a* | выводит *a* в stderr и возвращает *a* | `debug(5432.1)` | `5432.1` |
| `double( i)` | double | приведение к типу с плавающей точкой | `double(5432)` | `5432.0` |
| `greatest( a [, ... ] )` | double, если любой из аргументов (*a*) | наибольшее значение среди аргументов | `greatest(5, 4, 3, 2)` | `5` |

| Функция | Тип результата | Описание | Пример | Результат |
|---|---|---|---|---|
| | — double, а иначе целое число | | | |
| int( *x*) | integer | приведение к целочисленному типу | int(5.4 + 3.8) | 9 |
| least( *a* [, ... ] ) | double, если любой из аргументов (*a*) — double, а иначе целое число | наименьшее значение среди аргументов | least(5, 4, 3, 2.1) | 2.1 |
| pi() | double | значение константы PI | pi() | 3.1415926535 8979323846 |
| random( *lb*, *ub*) | integer | случайное целое число с равномерным распределением в интервале [lb, ub] | random(1, 10) | целое между 1 и 10 |
| random_ exponential( *lb*, *ub*, *parameter*) | integer | 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 | целое число с распределением Гаусса в интервале [lb, ub] , см. ниже | random_ gaussian(1, 10, 2.5) | целое между 1 и 10 |
| sqrt( *x*) | 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 и random_gaussian 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). Чтобы преобразование Бокса-Мюллера было быстрым, *parameter* должен быть не меньше 2.0.

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* — последовательный 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 м*
 [*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)
script statistics:
 - 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.

## Замечания

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 формате скрипта в файл или архив

## 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 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 резервных 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 формат «directory» единственный, позволяющий выгружать данные в несколько потоков.

Во время работы pg_dump следует обращать внимание на предупреждения, которые печатаются в стандартный поток ошибок, особенно ввиду рассмотренных далее ограничений.

## 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) объектов базы данных перед командами создания (CREATE) этих объектов. 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.

Параметр полезен только для вывода файлов в формате `plain`. Для архивных форматов, этот параметр можно указывать 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.

Параметр полезен только для вывода файлов в формате `plain`. Для архивных форматов, этот параметр можно указывать 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 указывать на путь к каталогу. В таком случае 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`

Вывести копию в архивном формате, пригодном для дальнейшего использования утилитой pg_restore. Наравне с `directory` является наиболее гибким форматом, позволяющим вручную выбирать и сортировать восстанавливаемые объекты. Вывод в этом формате по умолчанию сжимается.

`d`
`directory`

Выгрузить 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`

Вывести копию в формате `tar`, для дальнейшего использования 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 уменьшает время работы, но увеличивает нагрузку на сервер. Этот параметр можно использовать только с форматом вывода `directory`, так как это единственный формат, позволяющий нескольким процессам одновременно записывать данные.

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 сессии 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 другая сессия 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 серверу баз данных необходимо 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` *схема*
`--schema=`*схема*

Выгрузить только схемы, соответствующие шаблону *схема*; 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. Кроме того, параметр *схема* интерпретируется по тем же правилам, что и шаблон в командах psql `\d` (см. Подраздел «Шаблоны поиска»), 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. Раздел «Примеры».

> **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 на 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` *схема*
`--exclude-schema=`*схема*

Не выгружать схемы, соответствующие шаблону *схема*. 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`
`--oids`

Выгружать идентификаторы объектов (OIDs) вместе с данными таблиц. Используйте этот параметр, если в приложении есть ссылки на OID, например во внешних ключах. В противном случае этот параметр лучше не использовать.

`-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`.

Параметр полезен только для вывода файлов в формате `plain`. Для архивных форматов, этот параметр можно указывать 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` *таблица*
`--table=`*таблица*

Выгрузить только таблицы, соответствующие шаблону *таблица*. В этом контексте под «таблицей» подразумеваются также представления, материализованные представления, последовательности и сторонние таблицы. Чтобы выбрать несколько таблиц, ключ `-t` можно указать несколько раз. Кроме того, параметр *таблица* интерпретируется по тем же правилам, что и шаблон в командах psql `\d` (см. Подраздел «Шаблоны поиска»), так что несколько таблиц можно выбрать и с шаблоном со знаками подстановки. Используя знаки подстановки, при необходимости заключайте шаблон в кавычки, чтобы эти знаки не разворачивала оболочка системы; см. Раздел «Примеры».

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 на 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` *таблица*
`--exclude-table=`*таблица*

Не выгружать таблицы, соответствующие шаблону *таблица*. 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 архивного формата `custom` будут сжиматься файлы отдельных таблиц. По умолчанию применяется умеренный уровень сжатия. Если указать отличный от нулевого уровень сжатия для формата `plain`, то сжиматься будет весь выходной файл, как это было бы при передаче файла команде gzip. Но по умолчанию для `plain` сжатие данных отключено. 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. Также, поскольку для каждой строки генерируется отдельная команда, сбой при последующей загрузке приведёт к потере конкретной строки, а не всей 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.

Параметр полезен только для вывода файлов в формате `plain`. Для архивных форматов, этот параметр можно указывать 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=`*`таблица`*

Не выгружать содержимое таблиц, соответствующих шаблону *`таблица`*. 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`.

`--if-exists`

При очистке целевой базы использовать условные команды (добавлять предложение `IF EXISTS`). Применяется только с параметром `--clean`.

`--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. Также, поскольку для каждой строки генерируется отдельная команда, сбой при последующей загрузке приведёт к потере конкретной строки, а не всей 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.

`--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-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. Все объекты будут создаваться в табличном пространстве по умолчанию.

Параметр полезен только для вывода файлов в формате plain. Для архивных форматов, этот параметр можно указывать при вызове pg_restore.

--no-unlogged-table-data

Не выгружать данные нежурналируемых таблиц. Параметр не влияет на выгрузку определения таблиц, он только подавляет вывод содержимого таблиц. При запуске на резервном сервере, содержимое нежурналируемых таблиц никогда не выгружается.

--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.

--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 использует-

ся 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 9.82).

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. Эквивалентно указанию *dbname* в качестве первого аргумента, не являющегося параметром в командной строке.

Если параметр содержит символ `=`, или начинается с допустимого префикса URI, например, `postgresql://` или `postgres://`, то он трактуется аналогично строке подключения *conninfo*. За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 33.1.

`-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.

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`.

## Замечания

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 данных статистики, используемых планировщиком. Поэтому после восстановления следует выполнить `ANALYZE` для достижения оптимальной производительности; за дополнительной информацией обратитесь к Подразделу 24.1.3 и Подразделу 24.1.6. Также не выгружаются команды `ALTER DATABASE ... SET`. Эти свойства, вместе с данными о ролях и прочими глобальными объектами, выгружаются с помощью pg_dumpall.

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.

## Примеры

Выгрузка базы данных `mydb` в файл SQL-скрипта:

```
$ pg_dump mydb > db.sql
```

Восстановление из ранее полученного скрипта в чистую базу `newdb`:

```
$ psql -d newdb -f db.sql
```

Выгрузка базы данных в формате `custom`:

```
$ pg_dump -Fc mydb > db.dump
```

Выгрузка базы данных в формате `directory`:

```
$ pg_dump -Fd mydb -f dumpdir
```

Выгрузка базы данных в формате `directory` 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
```

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. Подраздел «Шаблоны поиска»). Но кавычки являются спецсимволом для оболочки, так что и их нужно заключать 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. Чтобы его сформировать, pg_dumpall вызывает для каждой базы данных в кластере pg_dump и дополнительно выгружает глобальные объекты, общие для всех баз данных. (Утилита pg_dump не сохраняет эти объекты.) В настоящее время, к таким объектам относятся группы, пользователи и табличные пространства, а также такие свойства, как права доступа, которые применяются к базам данных в целом.

Так как утилита pg_dumpall читает таблицы из всех баз данных, для получения полного содержимого баз запускать её, как правило, нужно от имени суперпользователя. Чтобы впоследствии выполнить сохранённый скрипт, также необходимо иметь права суперпользователя, позволяющие создавать пользователей, группы и собственно 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.

## Параметры

Параметры командной строки для управления содержимым и форматом вывода.

`-a`
`--data-only`

Выгружать только данные, без схемы (определений данных).

`-c`
`--clean`

Добавить команды SQL для удаления (DROP) баз данных перед командами, создающими их. В дополнение к ним добавляются команды `DROP` для ролей и табличных пространств.

`-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`
`--oids`

Выгружать идентификаторы объектов (OIDs) вместе с данными таблиц. Используйте этот параметр, если в приложении есть ссылки на OID, например во внешних ключах. В противном случае, этот параметр лучше не использовать.

`-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 канал 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.

`--if-exists`

Использовать условные команды (т. е. добавлять предложение `IF EXISTS`) при очистке базы данных и других объектов. Этот параметр принимается, только если также указан параметр `--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.

`--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-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.

`--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.

`--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. См. Подраздел 33.1.1 для более подробной информации.

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, через подключение к которой будут выгружаться глобальные объекты и находиться другие выгружаемые базы, 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

Эта утилита, как и большинство других утилит PostgreSQL, также использует переменные среды, поддерживаемые libpq (см. Раздел 33.14).

## Замечания

Так как pg_dumpall внутри себя вызывает pg_dump, часть диагностических сообщений будет относиться к pg_dump.

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`.

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.

## Примеры

Выгрузка всех баз данных:

```
$ pg_dumpall > db.out
```

Загрузить базы данных из этого файла можно так:

```
$ psql -f db.out postgres
```

(К какой базе данных вы подключаетесь, здесь не важно, так как скрипт, созданный утилитой pg_dumpall, будет содержать все команды, требующиеся для создания сохранённых баз данных и подключения к ним.)

## 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` *имя_бд*
`--dbname=`*имя_бд*

Задаёт имя базы данных, к которой нужно подключиться.

Если этот параметр содержит знак `=` или начинается с допустимого префикса URI (`postgresql://` или `postgres://`), он воспринимается как строка *conninfo*. За дополнительными сведениями обратитесь к Подразделу 33.1.1.

`-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).

## Замечания

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 — получает 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 суперпользователь или пользователь с правом `REPLICATION` (см. Раздел 21.2), 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.

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`.

## Параметры

`-D` *каталог*
`--directory=`*каталог*

Каталог, в который будут записываться данные.

Этот параметр является обязательным.

`--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.

`-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. См. Подраздел 33.1.1 для более подробной информации.

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 для подключения.

`-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.

## Переменные окружения

Эта утилита, как и большинство других утилит PostgreSQL, использует переменные среды, поддерживаемые libpq (см. Раздел 33.14).

## Замечания

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.

## 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 — управление 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`.

## 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` *`база_данных`*
`--dbname=`*`база_данных`*

Этот параметр выбирает базу данных для подключения. Как именно она используется, можно узнать в описании соответствующих действий. Это может быть строка подключения libpq; за дополнительными сведениями обратитесь к Подразделу 33.1.1. По умолчанию имя базы определяется именем 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).

## 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`.

## 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`

Удалить (DROP) объекты базы данных, прежде чем пересоздавать их. (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 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.

`-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 стандартное устройство вывода, используйте `-` (этот вариант также подразумевается по умолчанию).

`-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*

Запустить наиболее длительные операции pg_restore (в частности, загрузку данных, создание индексов или ограничений) в нескольких параллельных заданиях. Это позволяет кардинально сократить время восстановления большой базы данных, когда сервер работает на многопроцессорном компьютере.

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, например из канала ввода). Данный параметр игнорируется, когда генерируется скрипт (нет прямого подключения к базе данных). 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`.

> **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 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 `--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`

При очистке целевой базы использовать условные команды (добавлять предложение `IF EXISTS`). Применяется только с параметром `--clean`.

`--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. Все объекты будут создаваться в табличном пространстве по умолчанию.

--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 удаст-

ся. 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

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.

## Замечания

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 восста-

новлены 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

# 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 на 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`

Переключение на невыровненный режим вывода. (По умолчанию, наоборот, используется выровненный режим вывода.) Равнозначно команде `\pset format unaligned`.

`-b`
`--echo-errors`

Посылает все команды SQL с ошибками на стандартный вывод. Равнозначно присвоению 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. Кроме того, psql печатает результат только последней SQL-команды в строке. Это отличается от поведения, когда та же строка считывается из файла или подаёт-

ся на стандартный ввод psql, так как в последнем случае psql передаёт каждую команду SQL отдельно.

Из-за такого поведения указание нескольких 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 документ, например:

```
psql <<EOF
\x
SELECT * FROM foo;
EOF
```

`-d` *`имя_бд`*
`--dbname=`*`имя_бд`*

Указывает имя базы данных для подключения. Равносильно указанию *`имя_бд`* в первом аргументе командной строки, отличном от ключа.

Если этот параметр содержит знак `=` или начинается с допустимого префикса URI (`postgresql://` или `postgres://`), он воспринимается как строка *`conninfo`*. За дополнительными сведениями обратитесь к Подразделу 33.1.1.

`-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`

Включает табличный вывод в формате HTML. Эквивалентно `\pset format html` или команде `\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` *присвоение*
`--pset=`*присвоение*

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` *`присвоение`*
`--set=`*`присвоение`*
`--variable=`*`присвоение`*

Выполняет присвоение 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 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.

Обратите внимание, что этот параметр действует на протяжении всей сессии 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.

Это несущественный параметр, так как psql запрашивает пароль автоматически, если сервер проверяет подлинность по паролю. Однако, чтобы понять это, psql лишний раз подключается к серверу. Поэтому иногда имеет смысл ввести `-W`, чтобы исключить эту ненужную попытку подключения.

Обратите внимание, что этот параметр действует на протяжении всей сессии 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 фатальная 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 (10.11)
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 Подразделе «Интерполяция SQL». Также будет работать описанная ниже форма `:'`*имя_переменной*`'` и `:"`*имя_переменной*`"`.

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 (в показанном порядке), так и передавая аргумент *`строка_подключения`* (подробнее о строках подключения рассказывается в Подразделе 33.1.1).

Когда в команде опускается имя базы данных, пользователь, компьютер или порт, для нового подключения могут использоваться значения от предыдущего. По умолчанию значения от предыдущего подключения используются повторно, если только не указывается строка подключения (*`строка_подключения`*). Если передать в первом аргументе `-reuse-previous=on` или `-reuse-previous=off`, это поведение переопределяется. Когда в команде не задаётся или не используется повторно некоторый параметр, применяется значение по умолчанию, принятое в libpq. Указание в параметре *`имя_бд`*, *`имя_пользователя`*, *`компьютер`* или *`порт`* значения – равносильно опущению этого параметра.

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 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 ) ] | ( запрос ) } { from | to } { 'имя_файла' | program 'команда' | stdin | stdout | pstdin | 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.

`\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 умол-

чанию 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 Подразделе «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 имени команды для каждого метода доступа показывается его описание и связанная функция-обработчик.

`\db[+] [ шаблон ]`

Выводит список табличных пространств. Если указан *шаблон*, показываются только те табличные пространства, имена которых соответствуют ему. При добавлении + к имени команды 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 имени команды 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 имени команды 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 имени команды 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 привилегий объясняется в описании GRANT.

`\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 индексов и таблиц. При добавлении + к имени команды для каждого объекта дополнительно будут выводиться 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[antwS+] [ шаблон ]`

Выводит список функций с типами данных их результатов, аргументов и классификацией: «agg» (агрегатная), «normal» (обычная), «trigger» (триггерная) или «window» (оконная). Чтобы получить функции только определённого вида (видов), добавьте в команду соответствующие буквы `a`, `n`, `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 имени команды 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 имени команды 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 имени команды 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 имени команды для каждого объекта дополнительно будет выводить-

ся 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 привилегий объясняется в описании GRANT.

`\drds [ шаблон-ролей [ шаблон-баз ] ]`

Выводит список специфических параметров конфигурации. Эти параметры могут быть специфическими для роли, специфическими 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, специфических 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 имени команды 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 имени команды 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 имени команды 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 имени команды 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, выполняется всё его содержимое до этого знака. Оставшийся текст будет ждать выполнения в буфере запроса; вы можете ввести точку с запятой или `\g`, чтобы передать его, либо `\r`, чтобы сбросить его, 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 аргументы на стандартный вывод, разделяя их одним пробелом, в конце следует перевод строки. Команда полезна для формирования вывода из скриптов. Например:

```
=> \echo `date`
Tue Oct 26 21:40:57 CEST 1999
```

Если первый аргумент `-n` без кавычек, то перевод строки в конце не ставится.

> **Подсказка**
>
> Если используется команда `\o` для перенаправления вывода запросов, возможно, следует применять команду `\qecho` вместо этой.

`\ef [описание_функции [номер_строки]]`

Эта команда извлекает из базы данных определение заданной функции в форме `CREATE OR REPLACE FUNCTION` и отправляет его на редактирование. Редактирование осуществляется таким же образом, как и для `\edit`. После выхода из редактора изменённая команда будет находиться в буфере запроса. Введите точку с запятой или `\g` для выполнения или `\r` для отмены.

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 и открывает на редактирование определение указанного представления в форме команды `CREATE OR REPLACE VIEW`. Редактирование осуществляется так же, как и с `\edit`. После выхода из редактора изменённая команда остаётся в буфере запроса; введите точку с запятой или `\g`, чтобы выполнить её, либо `\r`, чтобы её 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 [ имя_файла ]`
`\g [ |команда ]`

Отправляет содержимое буфера текущего запроса на сервер для выполнения. Если передаётся аргумент, 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 аргумента по сути равнозначна точке с запятой. Метакоманда `\g` с аргументом является «одноразовой» альтернативой команде `\o`.

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.

`\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. Подраздел «Переменные»). 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 присвоения 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 [ *имя_файла* ]`
`\gx [ |*команда* ]`

Метакоманда `\gx` подобна `\g`, но принудительно включает расширенный режим вывода для текущего запроса. См. `\x`.

`\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. После этого полученное значение оценивается как значение переменной да/нет. Так что истинным 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), но не передаются серверу, а команды с обратной косой, 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 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 имени команды 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 на 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.

`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 табуляцией или запятыми. 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: `unaligned`, `aligned`, `wrapped`, `html`, `asciidoc`, `latex` (использует `tabular`), `latex-longtable` или `troff-ms`. Допускается сокращение слова до уникального значения.

В формате `unaligned` все столбцы размещаются на одной строке и отделяются друг от друга текущим разделителем полей. Это полезно для создания вывода, который будут читать другие программы (например, для вывода данных с разделителем Tab или через запятую).

Формат `aligned` это стандартный, удобочитаемый, хорошо отформатированный текстовый вывод. Используется по умолчанию.

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 `html`, `asciidoc`, `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-longtable` также требует наличия пакетов LaTeX `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 переменная среды `PAGER` установлена, то данные передаются в указанную программу. 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».

> **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.

`\s [` *имя_файла* `]`

Записывает историю команд psql в файл *имя_файла*. Если *имя_файла* не указано, то история команд выводится на 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 имеют особенности в том, как они управляют поведением psql или автоматически устанавливаются, отражая состояние соединения. Эти переменные документированы ниже, в Подразделе «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*

Извлекает из базы данных и выводит определение заданной функции в форме команды `CREATE OR REPLACE FUNCTION`. Определение печатается в текущий канал вывода запросов, 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 имени команды 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 имени команды 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.

`\unset` *имя*

Удаляет psql переменную *имя*.

Большинство переменных, управляющих поведением psql, нельзя сбросить; команда `\unset` для них воспринимается как установка значений по умолчанию. См. Подраздел «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.

\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.

**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 присвоение 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 сессии 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 выводятся на стандартный вывод по мере их чтения. (Это не относится к строкам, считываемым интерактивно.) Чтобы выбрать такое пове-

дение при запуске программы, добавьте ключ -a. Со значением queries psql выводит каждый запрос, отправляемый серверу, на стандартный вывод. Этому значению соответствует ключ -e. Со значением errors в стандартный канал 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.

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.

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.

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 фатальных 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. Подраздел «Настройка приглашений».

QUIET

Установка значения on эквивалента параметру командной строки -q. Это, вероятно, не слишком полезно в интерактивном режиме.

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. (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.

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 или terse 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 сред-

ства 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.

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 текущей сессии. (Это значение может меняться в течение сессии 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 текущей сессии является суперпользователем базы данных, то выводит `#`, иначе `>`. (Это значение может меняться в течение сессии 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».

`%`*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.

Чтобы вставить знак процента, нужно написать `%%`. По умолчанию используются значения `'%/%R %# '` для `PROMPT1` и `PROMPT2` и `'>> '` 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`.

`PAGER`

Если результат запроса не помещается на экране, он пропускается через эту программу. Обычно это `more` или `less`. Значение по умолчанию зависит от платформы. От использования постраничника можно отказаться, очистив переменную `PAGER` или установив соответствующие параметры с помощью команды `\pset`.

`PGDATABASE`
`PGHOST`
`PGPORT`
`PGUSER`

Параметры подключения по умолчанию (см. Раздел 33.14).

PSQL_EDITOR
EDITOR
VISUAL

Редактор, используемый командами \e, \ef и \ev. Эти переменные рассматриваются в этом же порядке; в силу вступает значение, установленное первым.

По умолчанию в Unix-подобных 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 (~).

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 пер-

сонального 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.

## Замечания

- 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 unaligned
Формат вывода: unaligned.
peter@localhost testdb=> \pset fieldsep ','
Разделитель полей: ",".
peter@localhost testdb=> \pset tuples_only
Выводятся только кортежи.
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
```

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*...] [ --schema | -S *схема* ] ... [ --table | -t *таблица* ] ... [ --index | -i *индекс* ] ... [*имя_бд*]

reindexdb [*параметр-подключения*...] [*параметр*...] --all | -a

reindexdb [*параметр-подключения*...] [*параметр*...] --system | -s [*имя_бд*]

## 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.

[-d] *имя_бд*
[--dbname=]*имя_бд*

Задаёт имя базы данных, подлежащей переиндексации. Если это имя не задано и отсутствует параметр -a (или --all), имя базы данных берётся из переменной окружения PGDATABASE. Если и эта переменная не задана, выбирается имя подключающегося пользователя.

-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.

-q
--quiet

Подавлять вывод сообщений о прогрессе выполнения.

-s
--system

Переиндексировать 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=`*имя_бд*

Задаёт имя базы данных, через подключение к которой будут находиться другие базы, подлежащие переиндексации. По умолчанию используется `postgres`, а в случае её отсутствия — `template1`.

## Переменные окружения

`PGDATABASE`
`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).

## 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.

## Замечания

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*...] [ `--table` | `-t` *таблица* [( *столбец* [,...] )] ] ... [*имя_бд*]

`vacuumdb` [*параметр-подключения*...] [*параметр*...] `--all` | `-a`

## 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]` *имя_бд*
`[--dbname=]`*имя_бд*

Задаёт имя базы данных, подлежащей очистке. Если это имя не задано и отсутствует параметр `-a` (или `--all`), имя базы данных берётся из переменной окружения `PGDATABASE`. Если и эта переменная не задана, выбирается имя подключающегося пользователя.

`-e`
`--echo`

Выводить команды, которые vacuumdb генерирует и передаёт серверу.

`-f`
`--full`

Произвести «полную» очистку.

`-F`
`--freeze`

Агрессивно «замораживать» версии строк.

`-j` *njobs*
`--jobs=`*njobs*

Выполнять команды VACUUM или ANALYZE в параллельном режиме, запуская одновременно *njobs* команд. Это сокращает время обработки, но увеличивает нагрузку на сервер.

vacuumdb откроет *njobs* подключений к базе данных, 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.

`-q`
`--quiet`

Подавлять вывод сообщений о прогрессе выполнения.

`-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 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 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=`*имя_бд*

Задаёт имя базы данных, через подключение к которой будут находиться другие базы, подлежащие очистке. По умолчанию используется `postgres`, а в случае её отсутствия — `template1`.

## Переменные окружения

`PGDATABASE`
`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).

## 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.

## Замечания

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.

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.

`-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. Этот режим можно включить только при инициализации и нельзя изменить позже. Когда контрольные суммы включены, они рассчитываются для всех объектов и во всех базах данных.

`--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.

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`.

`TZ`

Указывает часовой пояс кластера по умолчанию. Значение — это полное имя часового пояса (см. Подраздел 8.5.3).

Эта утилита, как и большинство других утилит PostgreSQL, также использует переменные среды, поддерживаемые libpq (см. Раздел 33.14).

## Замечания

`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 `recovery.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.

## Замечания

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_controldata

pg_controldata — вывести управляющую информацию кластера баз данных PostgreSQL

## Синтаксис

`pg_controldata` [*параметр*] [[`-D`] *datadir*]

## Описание

`pg_controldata` показывает свойства, установленные командой `initdb`, например, версию каталога. Она также выводит сведения о работе журнала предзаписи и контрольных точках. 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_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 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` *source*] [`-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» ожидает отключения всех активных 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 процеду-

ру 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 `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` *source*

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.

`pg_ctl`, как и большинство других утилит PostgreSQL, также использует переменные окружения, поддерживаемые libpq (см. Раздел 33.14).

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 — очистка журнала предзаписи и другой управляющей информации кластера PostgreSQL

## Синтаксис

`pg_resetwal` [`-f`] [`-n`] [*параметр*...] {[`-D`] *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` выводит сообщение о невозможности определить данные из `pg_control`, то команду можно запустить принудительно, указав `-f`. В этом случае будут использованы наиболее вероятные значения. Для большинства полей это нормально, но для некоторых может потребоваться явное указание: следующее значение OID, следующее значение ID транзакции и времени, ID мультитранзакции и смещение, начальный адрес 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 останется под сомнением: 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`

Принудительно выполнять `pg_resetwal`, даже если не удаётся получить приемлемые данные из `pg_control`, как описано выше.

`-n`

С флагом `-n` (нет операции) команда `pg_resetwal` отображает извлечённые из `pg_control` данные, а также значения, которые можно изменить. Режим полезен для отладки и тестирования предстоящей операции без реального применения изменений.

`-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*

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*

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*

Вручную задать начальный адрес WAL.

Начальный адрес журнала WAL должен превышать наибольшее значение сегмента в имени файла, расположенного в каталоге `pg_wal`. Эти имена тоже представлены в шестнадцатеричном формате и состоят из трёх частей. Первая из них — «ID линии времени», и её обычно не следует менять. Например, если `000000010000003200000004A` — наибольшее значение в `pg_wal`, нужно указать `-l 000000010000003200000004B` или большее число.

> **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*

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*

Вручную задать следующий OID.

Не существует относительно простого способа вычисления следующего за наибольшим из существующих значением OID, однако это некритично.

`-O` *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.

`-x` *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).

## Замечания

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.

Её результат равнозначен замене целевого каталога данных исходным. В файлах отношений она копирует только изменённые блоки; все остальные файлы, включая файлы конфигурации, копируются целиком. Преимущество pg_rewind по сравнению с созданием новой базовой копии или такими средствами, как rsync, состоит в том, что pg_rewind не читает неизменённые блоки в кластере. Благодаря этому она действует гораздо быстрее, когда база данных большая, но 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` либо считать при запуске, настроив `recovery.conf`. Варианты использования pg_rewind не ограничиваются отработкой отказа; например, резервный сервер может быть повышен, выполнить несколько транзакций с записью, а затем, после восстановления синхронизации, вновь стать резервным.

Когда целевой сервер запускается в первый раз после выполнения pg_rewind, он переходит в режим восстановления и воспроизводит все изменения из WAL с исходного сервера после точки 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 в целевом каталоге данных файл `recovery.conf` с подходящей командой `restore_command`.

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.

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 серве-

> ре, 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) с правами суперпользователя. Для применения этого параметра исходный сервер должен быть запущен и работать не в режиме восстановления.

`-n`
`--dry-run`

Делать всё, кроме внесения изменений в целевой каталог.

`-P`
`--progress`

Включает вывод сообщений о прогрессе. При этом в процессе копирования данных из исходного кластера будет выдаваться приблизительный процент выполнения.

`--debug`

Выводить подробные отладочные сообщения, полезные в основном для разработчиков, отлаживающих pg_rewind.

`-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).

## Замечания

Когда исходным кластером для pg_rewind является работающий сервер сразу после повышения, в нём необходимо выполнить команду `CHECKPOINT`, чтобы его управляющий файл содержал акту-

альную 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 кластером. 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.
2. Скопировать все эти изменённые блоки из исходного кластера в целевой либо на уровне файловой системы (`--source-pgdata`), либо на уровне SQL (`--source-server`).
3. Скопировать все остальные файлы, в частности `pg_xact` и файлы конфигурации, из исходного кластера в целевой (пропуская при этом файлы отношений).
4. Применить WAL из исходного кластера, начиная с контрольной точки, созданной при отработке отказа. (Строго говоря, утилита pg_rewind не применяет WAL, она просто создаёт файл метки резервной копии, обнаружив который, PostgreSQL начинает воспроизведение всех записей WAL от этой контрольной точки.)

# 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.

## 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/перезагрузки 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 таблицы, 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 8.4.X и новее до текущей основной версии PostgreSQL, включая бета-выпуски и сборки снимков кода.

## 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; 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`*у

каталог конфигурации нового кластера; переменная окружения `PGDATANEW`

`-j`
`--jobs`

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

`-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

`-?`
`--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/10`, 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 дополнительные разделяемые объектные файлы**

   Установите в новый кластер все нестандартные разделяемые объектные файлы (или DLL), которые использовались в старом кластере, например, `pgcrypto.so`, где бы они ни находились — в `contrib` или в другом месте. Устанавливать определения схемы (например, `CREATE EXTENSION pgcrypto`) не требуется, так как они будут перенесены из старого кластера. Кроме того, в новый кластер нужно скопировать и все нестандартные файлы поддержки полнотекстового поиска (словари, тезаурусы, списки синонимов и стоп-слов).

6. **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).

7. **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/10 stop
   ```

   А в Windows, с соответствующими именами служб:

   ```
   NET STOP postgresql-9.6
   NET STOP postgresql-10
   ```

   Ведомые серверы с потоковой репликацией и трансляцией журнала могут продолжать работать до последнего шага.

8. **Подготовиться к обновлению ведомых серверов**

   Если вы производите обновление ведомых серверов (как описано в разделе Шаг 10), 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. (Несовпадение будет иметь место, если старые ведомые серверы будут отключены раньше, чем старый ведущий, или если старые сервера продолжают работать.) Также смените `wal_level` на `replica` в файле `postgresql.conf` нового ведущего кластера.

9. **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) 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.) Полный список параметров вы можете получить, выполнив `pg_upgrade --help`.

   Параметр `--jobs` позволяет задействовать для копирования/связывания файлов и для выгрузки/перезагрузки 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\10\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/10/data"
        --old-bindir "C:/Program Files/PostgreSQL/9.6/bin"
        --new-bindir "C:/Program Files/PostgreSQL/10/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, укажите вместе с `--check` 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 16. 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).

10. **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 дополнительные разделяемые объектные файлы**

   Установите на новых ведомых серверах те же дополнительные разделяемые объектные файлы, 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 `recovery.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.)

11. **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`.

12. **Запустить новый сервер**

Теперь можно безопасно запустить новый сервер, а затем ведомые серверы, синхронизированные с ним с помощью rsync.

13. **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.

14. **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.

15. **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`).

16. **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.

## Замечания

pg_upgrade не поддерживает обновление баз данных, содержащих следующие ссылающиеся на OID системные типы данных `reg*`: `regproc`, `regprocedure`, `regoper`, `regoperator`, `regconfig` и `regdictionary`. (Обновление `regtype` возможно.)

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.

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 не хотите каких-либо изменений в старом кластере при запуске нового, 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.

-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` *ид_транзакции*
`--xid=`*ид_транзакции*

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.

## Замечания

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 30.5

# 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 начальной загрузки при выполнении initdb. Иногда также применяется в целях отладки или после аварийного сбоя. Стоит обратить внимание, что одно-пользовательский режим не совсем корректно использовать для отладки, так как условия далеки от реальных боевых. При запуске из командной строки в однопользовательском режиме можно вводить запросы и видеть результаты их выполнения на экране в форме пригодной для разработки, нежели конечных пользователей. Также в этом режиме ID сессионного пользователя выставляется в единицу, а пользователь неявно наделяется правами суперпользователя. Существование пользователя необязательно, поэтому режим можно использовать в некоторых ситуациях при повреждениях 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 исполнения. Конфигурационные параметры, поддерживаемые PostgreSQL, описаны в Главе 19. Большинство других параметров командной

строки на самом деле представляют собой краткие формы такого присвоения значений параметрам. Для установления нескольких параметров `-c` можно указывать многократно.

`-C` *имя*

Отображает значение заданного параметра времени исполнения и прерывает дальнейшее выполнение (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 отдельной сессии, что предотвратит в её рамках влияние выставленного для `postgres` значения.

`-D` *datadir*

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 объём рабочей памяти для внутренних сортировок и хешированных строк во избежание использования временных файлов. 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 исполнения. 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»).

`--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 исполнения 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.

## Замечания

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 9.26.2, 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 исполнения 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 инфор-

мации, 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/исполнителем 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. С `INSERT` все полученные строки вставляются в целевую таблицу `INSERT`. Эта операция выполняется в специальном узле на верхнем уровне плана запроса, называемом `ModifyTable`. (Простая команда `INSERT ... VALUES` создаёт простейшее дерево плана, состоящее из одного узла `Result`, который вычисляет одну строку результата, и узла `ModifyTable` над ним, который осуществляет добавление. Но с `INSERT ... SELECT` могут быть востребованы все возможности механизма исполнителя.) 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 значение TID, чтобы найти каждую целевую строку и пометить её как удалённую.

# 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 кратко перечислены системные каталоги. Более 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 | индексные методы доступа |
| pg_amop | операторы методов доступа |
| pg_amproc | опорные процедуры 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 разбиения таблиц |
| pg_pltemplate | данные шаблонов для процедурных языков |
| 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 |
| 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 |
| pg_ts_config | конфигурации текстового поиска |

| Имя каталога | Предназначение |
|---|---|
| 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**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| aggfnoid | regproc | 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 | pg_proc .oid | Функция перехода |
| aggfinalfn | regproc | pg_proc .oid | Функция завершения (0, если её нет) |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| aggcombinefn | regproc | pg_proc .oid | Комбинирующая функция (0, если её нет) |
| aggserialfn | regproc | pg_proc .oid | Функция сериализации (0, если её нет) |
| aggdeserialfn | regproc | pg_proc .oid | Функция десериализации (0, если её нет) |
| aggmtransfn | regproc | pg_proc .oid | Функция прямого перехода для режима движущегося агрегата (0, если её нет) |
| aggminvtransfn | regproc | pg_proc .oid | Функция обратного перехода для режима движущегося агрегата (0, если её нет) |
| aggmfinalfn | regproc | pg_proc .oid | Функция завершения для режима движущегося агрегата (0, 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 |
| aggsortop | oid | pg_operator .oid | Связанный оператор сортировки (0, если его нет) |
| aggtranstype | oid | pg_type .oid | Тип данных внутреннего состояния (перехода) агрегатной функции |
| aggtransspace | int4 | | Приблизительный средний размер (в байтах) данных состояния перехода, либо 0 для выбора значения по умолчанию |
| aggmtranstype | oid | pg_type .oid | Тип данных внутреннего состояния (перехода) для агрегатной функции в режиме движущегося агрегата (0 в случае отсутствия) |
| aggmtransspace | int4 | | Приблизительный средний размер (в байтах) данных состояния перехода для режима движущегося агрегата, либо 0 для выбора значения по умолчанию |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| 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 37.10.

## 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 индексов. Требования для реализации индексных методов доступа подробно рассматриваются в Главе 60.

**Таблица 51.3. Столбцы pg_am**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| oid | oid | | Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно) |
| amname | name | | Имя метода доступа |
| amhandler | regproc | pg_proc .oid | OID функции-обработчика, предоставляющей информацию о методе доступа |
| amtype | char | | На данный момент это всегда i, что указывает, что это индексный метод доступа; в будущем могут появиться и другие значения |

> **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 9.63.

## 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**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| oid | oid | | Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно) |
| amopfamily | oid | pg_opfamily .oid | Семейство операторов, к которому относится эта запись |
| amoplefttype | oid | pg_type .oid | Тип данных левого операнда оператора |
| amoprighttype | oid | 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 | pg_operator .oid | OID оператора |
| amopmethod | oid | pg_am .oid | Индексный метод доступа, для которого предназначено семейство операторов |
| amopsortfamily | oid | pg_opfamily .oid | Семейство операторов B-дерева, в соответствии с которым сортирует данный оператор, если это оператор упорядочивания; 0, 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 константа*. 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 процедурах, связанных с семействами операторов методов доступа. Строки в нём описывают все опорные процедуры, принадлежащие семейству операторов.

**Таблица 51.5. Столбцы pg_amproc**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| oid | oid | | Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно) |
| amprocfamily | oid | pg_opfamily .oid | Семейство операторов, к которому относится эта запись |
| amproclefttype | oid | pg_type .oid | Тип данных левого операнда связанного оператора |
| amprocrighttype | oid | pg_type .oid | Тип данных правого операнда связанного оператора |
| amprocnum | int2 | | Номер опорной процедуры |
| amproc | regproc | pg_proc .oid | OID процедуры |

Обычно принято, что amproclefttype и amprocrighttype определяют типы левого и правого операнда оператора(ов), которые поддерживает конкретная опорная процедура. Для некоторых методов доступа они соответствуют типам входных данных самой опорной процедуры, для других — нет. Есть понятие «стандартных» опорных процедур для индекса; это такие процедуры, 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 (см. ниже). Данный же каталог содержит записи только для тех столбцов, для которых явно задаётся значение по умолчанию (при создании таблицы или добавлении столбца).

**Таблица 51.6. Столбцы pg_attrdef**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| oid | oid | | Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно) |
| adrelid | oid | pg_class .oid | Таблица, к которой принадлежит столбец |
| adnum | int2 | pg_attribute .attnum | Номер столбца |
| adbin | pg_node_tree | | Внутреннее представление значения столбца по умолчанию |
| adsrc | text | | Понятное человеку представление значения по умолчанию |

Поле adsrc присутствует по исторически причинам, его не стоит использовать, так как в нём не отражаются внешние факторы, способные повлиять на представление значения по умолчанию. Для отображения значения по умолчанию лучше декомпилировать поле adbin (применив, например pg_get_expr ).

# 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**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| attrelid | oid | pg_class .oid | Таблица, к которой принадлежит столбец |
| attname | name | | Имя столбца |
| atttypid | oid | 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 собирае- |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| | | | мых «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 oid, имеют ( обычно) отрицательные номера. |
| attndims | int4 | | Число размерностей, если столбец имеет тип массива; 0 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 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. |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| | | | 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, в этом случае в каталоге pg_attrdef будет соответствующая запись, определяющая это значение. |
| attidentity | char | | Пустой символ ('') указывает, что это не столбец идентификации. Символ a указывает, что значение генерируется всегда, а d — что значение генерируется по умолчанию. |
| 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 | pg_collation .oid | Заданное для столбца правило сортировки, либо 0, если тип столбца не сортируемый. |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| 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» |

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**

| Имя | Тип | Описание |
|---|---|---|
| oid | oid | Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно) |
| 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 |

| Имя | Тип | Описание |
|---|---|---|
| | | 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 | Роль не подчиняется никаким политикам защиты на уровне строк; за подробностями обратитесь к Разделу 5.7. |
| 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 | Пароль (возможно зашифрованный); 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.

Пароль, не удовлетворяющий ни одному из этих форматов, считается незашифрованным.

# 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**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| roleid | oid | pg_authid .oid | Идентификатор роли, включающей другую |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| member | oid | pg_authid .oid | Идентификатор роли, включаемой в роль roleid |
| grantor | oid | 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**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| oid | oid | | Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно) |
| castsource | oid | pg_type .oid | OID исходного типа данных |
| casttarget | oid | pg_type .oid | OID целевого типа данных |
| castfunc | oid | pg_proc .oid | OID функции, выполняющей приведение, или 0, 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. |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| | | | 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 практически всё, что имеет столбцы или каким-то образом подобно таблице. 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 здесь имеют смысл для всех типов отношений.

**Таблица 51.11. Столбцы `pg_class`**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| `oid` | `oid` | | Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно) |
| `relname` | `name` | | Имя таблицы, индекса, представления и т. п. |
| `relnamespace` | `oid` | `pg_namespace` .`oid` | OID пространства имён, содержащего это отношение |
| `reltype` | `oid` | `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` ) |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| reloftype | oid | pg_type .oid | Для типизированных таблиц, OID нижележащего составного типа, или ноль для всех других отношений |
| relowner | oid | pg_authid .oid | Владелец отношения |
| relam | oid | pg_am .oid | Если это индекс, применяемый метод доступа (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 | pg_tablespace .oid | Табличное пространство, в котором хранится это отношение. Если ноль, подразумевается пространство базы данных по умолчанию. (Не имеет значения, если с отношением не связан файл на диске.) |
| 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 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, ис- |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| | | | пользуемая планировщиком. Она обновляется командами VACUUM, ANALYZE и несколькими командами DDL, например, CREATE INDEX. |
| reltoastrelid | oid | 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 | | 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) |
| relnatts | int2 | | Число пользовательских столбцов в отношении (системные столбцы не считаются). Столько же соответствующих строк должно быть в pg_ |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| | | | attribute . См. также pg_attribute.attnum . |
| relchecks | int2 | | Число ограничений CHECK в таблице; см. каталог pg_constraint |
| relhasoids | bool | | True, если для каждой строки отношения генерируется OID |
| relhaspkey | bool | | True, если в таблице имеется (или имелся) первичный ключ |
| 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 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 ( index), если задано значение indisreplident, |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| | | | либо набор по умолчанию |
| relispartition | bool | | True, если таблица является секцией |
| 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 | | 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 описанию GRANT и REVOKE |
| 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**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| oid | oid | | Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно) |
| collname | name | | Имя правила сортировки (уникальное для пространства имён и кодировки) |
| collnamespace | oid | pg_namespace .oid | OID пространства имён, содержащего это правило сортировки |
| collowner | oid | pg_authid .oid | Владелец правила сортировки |
| collprovider | char | | Провайдер правила сортировки: d = установленный в базе по умолчанию, c = libc, i = icu |
| 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 | | 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**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| oid | oid | | Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно) |
| conname | name | | Имя ограничения (не обязательно уникальное!) |
| connamespace | oid | 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 настоя- |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| | | | щее время значение false возможно только для внешних ключей и ограничений CHECK |
| conrelid | oid | pg_class .oid | Таблица, для которой установлено это ограничение; 0, если это не ограничение таблицы |
| contypid | oid | pg_type .oid | Домен, к которому относится это ограничение; 0, если это не ограничение домена |
| conindid | oid | pg_class .oid | Индекс, поддерживающий это ограничение, если это ограничение уникальности, первичного или внешнего ключа, либо ограничение-исключение; в противном случае — 0 |
| confrelid | oid | 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. |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| 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[] | pg_attribute .attnum | Для ограничений таблицы (включая внешние ключи, но не триггеры ограничений), определяет список столбцов, образующих ограничение |
| confkey | int2[] | pg_attribute .attnum | Для внешнего ключа определяет список столбцов, на которые он ссылается |
| conpfeqop | oid[] | pg_operator .oid | Для внешнего ключа — список операторов равенства для сравнений PK = FK |
| conppeqop | oid[] | pg_operator .oid | Для внешнего ключа — список операторов равенства для сравнений PK = PK |
| conffeqop | oid[] | pg_operator .oid | Для внешнего ключа — список операторов равенства для сравнений FK = FK |
| conexclop | oid[] | pg_operator .oid | Для ограничения-исключения — список операторов исключения по столбцам |
| conbin | pg_node_tree | | Для ограничения-проверки — внутреннее представление выражения |
| consrc | text | | Для ограничения-проверки — понятное человеку представление выражения |

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 consrc не меняется при изменении задействованных в выражении объектов; например, в нём не отслеживается переименование столбцов. Поэтому лучше не полагаться на него, а воспользоваться функцией pg_get_constraintdef(), чтобы получить определение ограничения-проверки.

> **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 процедуры преобразования кодировки. За дополнительными сведениями обратитесь к CREATE CONVERSION.

**Таблица 51.14. Столбцы pg_conversion**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| oid | oid | | Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно) |
| conname | name | | Имя перекодировки ( уникальное в пространстве имён) |
| connamespace | oid | pg_namespace .oid | OID пространства имён, содержащего эту перекодировку |
| conowner | oid | pg_authid .oid | Владелец перекодировки |
| conforencoding | int4 | | Идентификатор исходной кодировки |
| contoencoding | int4 | | Идентификатор целевой кодировки |
| conproc | regproc | pg_proc .oid | Процедура 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**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| oid | oid | | Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно) |
| datname | name | | Имя базы данных |
| datdba | oid | 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. |
| 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 |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| | | | 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 | 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 описанию GRANT и REVOKE |

## 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**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| setdatabase | oid | pg_database .oid | OID базы данных, к которой относится это присвоение переменных, или ноль, если оно не связано с базой данных |
| setrole | oid | pg_authid .oid | OID роли, к которой применимо это присвоение 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**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| oid | oid | | Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно) |
| defaclrole | oid | pg_authid .oid | OID роли, связанной с этой записью |
| defaclnamespace | oid | 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 = 0, 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**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| classid | oid | pg_class .oid | OID системного каталога, в котором находится зависимый объект |
| objid | oid | любой 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 | pg_class .oid | OID системного каталога, в котором находится вышестоящий объект |
| refobjid | oid | любой 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 вышестоящий объект). Действие DROP для вышестоящего объекта будет распространено и на этот подчинённый объект, вне зависимости от присутствия указания CASCADE. Например, триггер, созданный для обеспечения ограничения внешнего ключа, становится внутренне зависимым от записи ограничения в pg_constraint.

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 зависимость, но он выделен для наглядности и упрощения pg_dump.

DEPENDENCY_AUTO_EXTENSION (x)

Подчинённый объект не входит в состав расширения, которое является вышестоящим объектом (и поэтому не должен игнорироваться утилитой pg_dump), но не может функционировать без него, и поэтому должен удаляться при удалении расширения. При этом подчинённый объект может быть удалён и сам по себе.

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.

# 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**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| objoid | oid | любой столбец OID | OID объекта, к которому относится это описание |
| classoid | oid | pg_class .oid | OID системного каталога, к которому относится этот объект |
| objsubid | int4 | | Для комментария к столбцу таблицы это номер столбца (objoid |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| | | | 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**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| oid | oid | | Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно) |
| enumtypid | oid | 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**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| evtname | name | | Имя триггера (должно быть уникальным) |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| evtevent | name | | Указывает, для какого события срабатывает данный триггер |
| evtowner | oid | pg_authid .oid | Владелец событийного триггера |
| evtfoid | oid | 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 37.15.

**Таблица 51.22. Столбцы pg_extension**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| oid | oid | | Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно) |
| extname | name | | Имя расширения |
| extowner | oid | pg_authid .oid | Владелец расширения |
| extnamespace | oid | 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[] | pg_class .oid | Массив с идентификаторами regclass, указывающими на таблицы конфигурации рас- |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| | | | ширения, 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**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| oid | oid | | Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно) |
| fdwname | name | | Имя обёртки сторонних данных |
| fdwowner | oid | pg_authid .oid | Владелец обёртки сторонних данных |
| fdwhandler | oid | 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 | 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 описанию GRANT и REVOKE |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| 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**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| oid | oid | | Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно) |
| srvname | name | | Имя стороннего сервера |
| srvowner | oid | pg_authid .oid | Владелец стороннего сервера |
| srvfdw | oid | pg_foreign_data_wrapper .oid | OID обёртки сторонних данных для этого стороннего сервера |
| srvtype | text | | Тип сервера (необязателен) |
| srvversion | text | | Версия сервера (необязательна) |
| srvacl | aclitem[] | | Права доступа; за подробностями обратитесь к описанию GRANT и REVOKE |
| 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**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| ftrelid | oid | pg_class .oid | OID записи в pg_class для этой сторонней таблицы |
| ftserver | oid | pg_foreign_server .oid | OID стороннего сервера для этой сторонней таблицы |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| 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**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| indexrelid | oid | pg_class .oid | OID записи в pg_class для этого индекса |
| indrelid | oid | pg_class .oid | OID записи в pg_class для таблицы, к которой относится этот индекс |
| indnatts | int2 | | Число столбцов в индексе (повторяет значение pg_class.relnatts ) |
| 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 | | 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 |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| | | | он уникальный, свойство уникальности так же 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 | pg_attribute .attnum | Это массив из indnatts значений, указывающих, какие столбцы таблицы индексирует этот индекс. Например, значения 1 3 будут означать, что ключ индекса составляют первый и третий столбцы таблицы. Ноль в этом массиве означает, что соответствующий атрибут индекса определяется выражением со столбцами таблицы, а не просто ссылкой на столбец. |
| indcollation | oidvector | pg_collation .oid | Для каждого столбца в ключе индекса |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| | | | этот массив содержит OID правила сортировки для применения в этом индексе либо 0, если тип данных этого столбца не сортируемый. |
| indclass | oidvector | pg_opclass .oid | Для каждого столбца в ключе индекса этот массив содержит OID применяемых классов операторов. Подробнее это рассматривается в описании pg_opclass . |
| indoption | int2vector | | Это массив из indnatts 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. Для каждой непосредственно дочерней таблицы в ней содержится одна запись. (Косвенное наследование можно определить, просмотрев цепочку записей.)

**Таблица 51.27. Столбцы pg_inherits**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| inhrelid | oid | pg_class .oid | OID дочерней таблицы |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| inhparent | oid | pg_class .oid | OID родительской таблицы |
| 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. |

# 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**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| objoid | oid | любой столбец OID | OID определённого объекта |
| classoid | oid | 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 описанию GRANT и REVOKE |

# 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**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| oid | oid | | Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно) |
| lanname | name | | Имя языка |
| lanowner | oid | 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 | 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 | pg_proc .oid | Это значение указывает на функцию, отвечающую за выполнение «внедрённых» анонимных блоков кода (блоков DO). Ноль, если внедрённые блоки не поддерживаются. |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| lanvalidator | oid | 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 описанию GRANT и REVOKE |

# 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 доступны 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**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| loid | oid | pg_largeobject_metadata .oid | 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**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| oid | oid | | Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно) |
| lomowner | oid | pg_authid .oid | Владелец большого объекта |
| lomacl | aclitem[] | | Права доступа; за подробностями обратитесь к описанию GRANT и REVOKE |

# 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**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| oid | oid | | Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно) |
| nspname | name | | Имя пространства имён |
| nspowner | oid | pg_authid .oid | Владелец пространства имён |
| nspacl | aclitem[] | | Права доступа; за подробностями обратитесь к описанию GRANT и REVOKE |

# 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 37.14.

**Таблица 51.33. Столбцы pg_opclass**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| oid | oid | | Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно) |
| opcmethod | oid | pg_am .oid | Индексный метод доступа, для которого создан этот класс операторов |
| opcname | name | | Имя этого класса операторов |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| opcnamespace | oid | pg_namespace .oid | Пространство имён этого класса операторов |
| opcowner | oid | pg_authid .oid | Владелец класса операторов |
| opcfamily | oid | pg_opfamily .oid | Семейство операторов, содержащее этот класс операторов |
| opcintype | oid | pg_type .oid | Тип данных, индексируемый данным классом операторов |
| opcdefault | bool | | True, если этот класс операторов применяется по умолчанию для opcintype |
| opckeytype | oid | 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 37.12.

**Таблица 51.34. Столбцы pg_operator**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| oid | oid | | Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно) |
| oprname | name | | Имя оператора |
| oprnamespace | oid | pg_namespace .oid | OID пространства имён, содержащего этот оператор |
| oprowner | oid | 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 | | Этот оператор поддерживает соединение по хешу |
| oprleft | oid | pg_type .oid | Тип левого операнда |
| oprright | oid | pg_type .oid | Тип правого операнда |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| oprresult | oid | pg_type .oid | Тип результата |
| oprcom | oid | pg_operator .oid | Коммутирующий для данного оператор, если есть |
| oprnegate | oid | pg_operator .oid | Обратный для данного оператор, если есть |
| oprcode | regproc | pg_proc .oid | Функция, реализующая этот оператор |
| oprrest | regproc | pg_proc .oid | Функция оценки избирательности ограничения для данного оператора |
| oprjoin | regproc | 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 операторы смешанных типов и рассматривать их, используя знание семантики метода доступа.

Семейства операторов углублённо рассматриваются в Разделе 37.14.

**Таблица 51.35. Столбцы pg_opfamily**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| oid | oid | | Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно) |
| opfmethod | oid | pg_am .oid | Индексный метод доступа, для которого предназначено семейство операторов |
| opfname | name | | Имя семейства операторов |
| opfnamespace | oid | pg_namespace .oid | Пространство имён семейства операторов |
| opfowner | oid | 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**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| partrelid | oid | pg_class .oid | OID записи в pg_class для этой секционированной таблицы |
| partstrat | char | | Стратегия секционирования; l = секционирование по списку (List), r = секционирование по диапазонам (Range) |
| partnatts | int2 | | Число столбцов в ключе разбиения |
| partattrs | int2vector | pg_attribute .attnum | Это массив из partnatts значений, указывающих, какие столбцы таблицы входят в ключ разбиения. Например, значения 1 3 будут означать, что ключ разбиения составляют первый и третий столбцы таблицы. Ноль в этом массиве означает, что соответствующей частью ключа разбиения является выражение, а не ссылка на отдельный столбец. |
| partclass | oidvector | pg_opclass .oid | Для каждого столбца в ключе разбиения этот массив содержит OID применяемых классов операторов. Подробнее это рассматривается в описании pg_opclass . |
| partcollation | oidvector | pg_opclass .oid | Для каждого столбца в ключе разбиения 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 разбиения, не являющихся простыми ссылками на столбцы. Этот список содержит один элемент для каждого нулевого значения в partattrs. |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| | | | Значением может быть NULL, если все части ключа разбиения являются простыми указаниями столбцов. |

# 51.37. pg_pltemplate

В каталоге pg_pltemplate хранится информация о «шаблонах» для процедурных языков. Шаблон для языка позволяет создать язык в определённой базе данных простой командой CREATE LANGUAGE, без необходимости указывать подробности реализации.

В отличие от большинства системных каталогов, pg_pltemplate разделяется всеми базами данных в кластере: есть только один экземпляр pg_pltemplate в кластере, а не отдельные в базе данных. Благодаря этому, к данной информации при необходимости можно обращаться в любой базе данных.

**Таблица 51.37. Столбцы pg_pltemplate**

| Имя | Тип | Описание |
|---|---|---|
| tmplname | name | Имя языка, для которого предназначен этот шаблон |
| tmpltrusted | boolean | True, если язык считается доверенным |
| tmpldbacreate | boolean | True, если язык может быть создан владельцем базы данных |
| tmplhandler | text | Имя функции-обработчика вызова |
| tmplinline | text | Имя функции-обработчика анонимного кода, либо NULL, если её нет |
| tmplvalidator | text | Имя функции проверки, либо NULL, если её нет |
| tmpllibrary | text | Путь к разделяемой библиотеке, реализующей этот язык |
| tmplacl | aclitem[] | Права доступа для шаблона ( фактически не используются) |

В настоящее время для управления шаблонами процедурных языков нет никаких команд; чтобы изменить встроенную информацию, суперпользователь должен модифицировать эту таблицу, выполняя обычные команды INSERT, DELETE или UPDATE.

> **Примечание**
>
> Скорее всего каталог pg_pltemplate будет ликвидирован в каком-нибудь будущем выпуске PostgreSQL, а эти знания о процедурных языках будут храниться в соответствующих скриптах установки расширений.

# 51.38. 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 51.38. Столбцы pg_policy**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| polname | name | | Имя политики. |
| polrelid | oid | pg_class .oid | Таблица, к которой применяется политика |
| polcmd | char | | Тип команды, к которой применяется политика: r обозначает SELECT, a — INSERT, w — UPDATE, d — DELETE, а * — все команды |
| polpermissive | boolean | | Является ли политика разрешительной или ограничительной? |
| polroles | oid[] | 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.

# 51.39. pg_proc

В каталоге pg_proc хранится информация о функциях (или процедурах). За дополнительными сведениями обратитесь к описанию CREATE FUNCTION и Разделу 37.3.

В этой таблице содержатся данные и агрегатных, и обычных функций. Если признак proisagg равен true, для этой функции должна быть ещё строка в pg_aggregate.

**Таблица 51.39. Столбцы pg_proc**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| oid | oid | | Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно) |
| proname | name | | Имя функции |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| pronamespace | oid | pg_namespace .oid | OID пространства имён, содержащего эту функцию |
| proowner | oid | pg_authid .oid | Владелец функции |
| prolang | oid | 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 | pg_type .oid | Тип данных элементов переменного массива параметров, либо 0, если функция не принимает переменное число параметров |
| protransform | regproc | pg_proc .oid | Вызовы этой функции могут быть упрощены заданной функцией (см. Подраздел 37.9.10) |
| proisagg | bool | | Функция является агрегатной |
| proiswindow | bool | | Функция является оконной |
| 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 вызо- |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| | | | ве 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 ре- |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| | | | жиме, 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 | pg_type .oid | Тип данных возвращаемого значения |
| proargtypes | oidvector | pg_type .oid | Массив с типами данных аргументов функции. В нём учитываются только входные аргументы функции (включая аргументы INOUT и VARIADIC), так что он представляет сигнатуру вызова функции. |
| proallargtypes | oid[] | pg_type .oid | Массив с типами данных 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 причинами они начинаются с 0. |
| proargmodes | char[] | | Массив с режимами аргументов функций, закодированными как i для входных аргументов (IN), o для выходных аргументов (OUT), b для аргументов входных и выходных одновременно (INOUT), v для пе- |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| | | | ременных аргументов ( VARIADIC) и t для табличных аргументов ( TABLE). Если все аргументы являются аргументами IN, это поле может содержать NULL. Заметьте, что индексы в этом массиве соответствуют позициям в proallargtypes, а не в proargtypes. |
| proargnames | text[] | | Массив с именами аргументов функции. Для аргументов без имени в этом массиве задаются пустые строки. Если все аргументы функции безымянные, это поле может содержать NULL. Заметьте, что индексы 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[] | | OID типов данных, к которым будут применяться трансформации. |
| 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 зависимо- |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| | | | сти 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 присвоения конфигурационных переменных времени выполнения, действующие в рамках функции |
| proacl | aclitem[] | | Права доступа; за подробностями обратитесь к описанию GRANT и REVOKE |

Для скомпилированных функций, как встроенных, так и динамически загружаемых, поле prosrc содержит имя функции на языке C (объектный символ). Для всех других известных сегодня типов 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.

# 51.40. pg_publication

Каталог pg_publication содержит все публикации, созданные в базе данных. Подробнее о публикациях можно узнать в Разделе 31.1.

**Таблица 51.40. Столбцы pg_publication**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| oid | oid | | Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно) |
| pubname | name | | Имя публикации |
| pubowner | oid | 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. |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| pubdelete | bool | | Если true, операции DELETE реплицируются для таблиц в публикации. |

# 51.41. 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 51.41. Столбцы pg_publication_rel**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| prpubid | oid | pg_publication .oid | Ссылка на публикацию |
| prrelid | oid | pg_class .oid | Ссылка на отношение |

# 51.42. pg_range

В каталоге pg_range хранится информация о типах диапазонов. Эта информация дополняет записи типов в pg_type.

**Таблица 51.42. Столбцы pg_range**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| rngtypid | oid | pg_type .oid | OID типа диапазона |
| rngsubtype | oid | pg_type .oid | OID типа элемента ( подтипа) данного типа диапазона |
| rngcollation | oid | pg_collation .oid | OID правила сортировки, применяемого для сравнения диапазонов, либо 0 в случае его отсутствия |
| rngsubopc | oid | pg_opclass .oid | OID класса операторов подтипа, применяемого для сравнения диапазонов |
| rngcanonical | regproc | pg_proc .oid | OID функции, преобразующей значение диапазона в каноническую форму, либо 0 в случае её отсутствия |
| rngsubdiff | regproc | 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.

# 51.43. pg_replication_origin

В каталоге pg_replication_origin содержатся все созданные источники репликации. Подробно источники репликации описаны в Главе 49.

**Таблица 51.43. Столбцы pg_replication_origin**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| roident | Oid | | Уникальный в рамках кластера идентификатор для источника репликации. Не должен покидать пределы системы. |
| roname | text | | Определяемое пользователем внешнее имя источника репликации. |

# 51.44. pg_rewrite

В каталоге pg_rewrite хранятся правила перезаписи для таблиц и представлений.

**Таблица 51.44. Столбцы pg_rewrite**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| oid | oid | | Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно) |
| rulename | name | | Имя правила |
| ev_class | oid | pg_class .oid | Таблица, к которой относится это правило |
| ev_type | char | | Тип события, для которого предназначено это правило: 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 отключено, R = правило срабатывает в режиме «replica» (реплика), A = правило срабатывает всегда. |
| is_instead | bool | | True, если это правило INSTEAD |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| 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.

# 51.45. 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 51.45. Столбцы pg_seclabel**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| objoid | oid | любой столбец OID | OID объекта, к которому относится эта метка безопасности |
| classoid | oid | 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. |

# 51.46. pg_sequence

В каталоге pg_sequence содержится информация о последовательностях. Некоторая информация о последовательностях, в частности имя и схема, хранится в pg_class.

**Таблица 51.46. Столбцы pg_sequence**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| seqrelid | oid | pg_class .oid | OID записи в pg_class для этой последовательности |
| seqtypid | oid | 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 |

# 51.47. 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 51.47. Столбцы pg_shdepend**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| dbid | oid | pg_database .oid | OID базы данных, в которой находится зависимый объект, или ноль, если это глобальный объект |
| classid | oid | pg_class .oid | OID системного каталога, в котором находится зависимый объект |
| objid | oid | любой 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. |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| refclassid | oid | pg_class .oid | OID системного каталога, к которому относится вышестоящий объект (это должен быть разделяемый каталог) |
| refobjid | oid | любой 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.

В будущем могут появиться и другие подвиды зависимости. Заметьте в частности, что с текущим определением вышестоящими объектами могут быть только роли.

# 51.48. 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 51.48. Столбцы pg_shdescription**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| objoid | oid | любой столбец OID | OID объекта, к которому относится это описание |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| classoid | oid | pg_class .oid | OID системного каталога, к которому относится этот объект |
| description | text | | Произвольный текст, служащий описанием данного объекта |

# 51.49. 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 51.49. Столбцы pg_shseclabel**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| objoid | oid | любой столбец OID | OID объекта, к которому относится эта метка безопасности |
| classoid | oid | 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. |

# 51.50. 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 51.50. Столбцы pg_statistic**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| starelid | oid | pg_class .oid | Таблица (или индекс), к которой принадлежит описываемый столбец |
| staattnum | int2 | 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. |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| stakind*N* | int2 | | Кодовое число, определяющее род статистики, хранящейся в *N*-ом «слоте» строки pg_statistic row. |
| staop*N* | oid | 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. |
| 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. |

# 51.51. pg_statistic_ext

Каталог pg_statistic_ext содержит расширенную статистику планировщика. Каждая строка в этом каталоге соответствует *объекту статистики*, созданному командой CREATE STATISTICS.

**Таблица 51.51. Столбцы pg_statistic_ext**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| stxrelid | oid | pg_class .oid | Таблица, содержащая столбцы, описываемые этим объектом |
| stxname | name | | Имя объекта статистики |
| stxnamespace | oid | pg_namespace .oid | OID пространства имён, содержащего этот объект статистики |
| stxowner | oid | pg_authid .oid | Владелец объекта статистики |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| stxkeys | int2vector | 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, f для статистики по функциональным зависимостям |
| stxndistinct | pg_ndistinct | | Количество различных значений, сериализованное в типе pg_ndistinct |
| stxdependencies | pg_dependencies | | Статистика по функциональным зависимостям, сериализованная в типе pg_dependencies |

Поле stxkind заполняется при создании объекта статистики и показывает, для какого типа(ов) статистики он создан. Поля после него изначально содержат NULL и заполняются только когда соответствующая статистика вычисляется командой ANALYZE.

# 51.52. pg_subscription

В каталоге pg_subscription содержатся все существующие подписки логической репликации. Подробнее логическая репликация описана в Главе 31.

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**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| oid | oid | | Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно) |
| subdbid | oid | pg_database .oid | OID базы данных, в которой располагается эта подписка |
| subname | name | | Имя подписки |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| subowner | oid | pg_authid .oid | Владелец подписки |
| subenabled | bool | | Если true, подписка включена и должна реплицироваться. |
| subsynccommit | text | | Содержит значение параметра synchronous_commit для рабочих процессов подписки. |
| 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. |
| subpublications | text[] | | Массив имён публикаций, на которые оформлена подписка. Подписки с этими именами должны быть опубликованы на сервере. Подробнее публикации описаны в Разделе 31.1. |

# 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**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| srsubid | oid | pg_subscription .oid | Ссылка на подписку |
| srrelid | oid | 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 | | Конечный LSN для состояний s и r. |

# 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**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| oid | oid | | Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно) |
| spcname | name | | Имя табличного пространства |
| spcowner | oid | pg_authid .oid | Владелец табличного пространства, обычно пользователь, создавший его |
| spcacl | aclitem[] | | Права доступа; за подробностями обратитесь к описанию GRANT и REVOKE |
| 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**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| trftype | oid | pg_type .oid | OID типа данных, для которого предназначена трансформация |
| trflang | oid | pg_language .oid | OID языка, для которого предназначена трансформация |
| trffromsql | regproc | pg_proc .oid | OID функции, вызываемой для преобразования типа данных, подаваемого на вход процедурному языку (например, в параметрах функции). Ноль, если эта операция не поддерживается. |
| trftosql | regproc | pg_proc .oid | OID функции, вызываемой для преобразования значения, выдаваемого процедурным языком, (например, возвращаемых значений) к ти- |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| | | | пу 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**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| oid | oid | | Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно) |
| tgrelid | oid | pg_class .oid | Таблица, к которой относится этот триггер |
| tgname | name | | Имя триггера (должно быть уникальным среди триггеров одной таблицы) |
| tgfoid | oid | 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 | pg_class .oid | Таблица, задействованная в ограничении ссылочной целостности |
| tgconstrindid | oid | pg_class .oid | Индекс, поддерживающий ограничение уникальности, первичного ключа или ссылочной целостности, либо ограничение-исключение |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| tgconstraint | oid | 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 |
| tgnargs | int2 | | Число аргументов, передаваемых функции триггера |
| tgattr | int2vector | 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`**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| `oid` | `oid` | | Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно) |
| `cfgname` | `name` | | Имя конфигурации текстового поиска |
| `cfgnamespace` | `oid` | `pg_namespace .oid` | OID пространства имён, содержащего эту конфигурацию |
| `cfgowner` | `oid` | `pg_authid .oid` | Владелец конфигурации |
| `cfgparser` | `oid` | `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`**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| `mapcfg` | `oid` | `pg_ts_config .oid` | OID записи в `pg_ts_config`, к которой относится эта запись сопоставления |
| `maptokentype` | `integer` | | Тип фрагмента, выдаваемый анализатором текстового поиска |
| `mapseqno` | `integer` | | Порядок, в котором нужно просматривать эту запись (меньшие `mapseqno` просматриваются сначала) |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| mapdict | oid | 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**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| oid | oid | | Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно) |
| dictname | name | | Имя словаря текстового поиска |
| dictnamespace | oid | pg_namespace .oid | OID пространства имён, содержащего этот словарь |
| dictowner | oid | pg_authid .oid | Владелец словаря |
| dicttemplate | oid | pg_ts_template .oid | OID шаблона текстового поиска для этого словаря |
| dictinitoption | text | | 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**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| oid | oid | | Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно) |
| prsname | name | | Имя анализатора текстового поиска |
| prsnamespace | oid | pg_namespace .oid | OID пространства имён, содержащего этот анализатор |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| prsstart | regproc | pg_proc .oid | OID функции запуска анализатора |
| prstoken | regproc | pg_proc .oid | OID функции анализатора, выдающей следующий фрагмент |
| prsend | regproc | pg_proc .oid | OID функции анализатора, оканчивающей разбор |
| prsheadline | regproc | pg_proc .oid | OID функции анализатора, выдающей выдержки |
| prslextype | regproc | 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**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| oid | oid | | Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно) |
| tmplname | name | | Имя шаблона текстового поиска |
| tmplnamespace | oid | pg_namespace .oid | OID пространства имён, содержащего этот шаблон |
| tmplinit | regproc | pg_proc .oid | OID функции инициализации шаблона |
| tmpllexize | regproc | 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**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| oid | oid | | Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно) |
| typname | name | | Имя типа данных |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| typnamespace | oid | pg_namespace .oid | OID пространства имён, содержащего этот тип |
| typowner | oid | 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 кото- |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| | | | рой 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 | | 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 | 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 | 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 значе- |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| | | | ния 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 | 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 | pg_proc .oid | Функция преобразования ввода (из текстового формата) |
| typoutput | regproc | pg_proc .oid | Функция преобразования вывода (в текстовый формат) |
| typreceive | regproc | pg_proc .oid | Функция преобразования ввода (из двоичного формата), либо 0, если её нет |
| typsend | regproc | pg_proc .oid | Функция преобразования вывода (в двоичный формат), либо 0, если её нет |
| typmodin | regproc | pg_proc .oid | Функция ввода модификатора типа, либо 0, если тип не поддерживает модификаторы |
| typmodout | regproc | pg_proc .oid | Функция вывода модификатора типа, либо 0 для использования стандартного формата |
| typanalyze | regproc | pg_proc .oid | Нестандартная функция ANALYZE, либо |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| | | | 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.<br><br>Возможные значения:<br>• c = выравнивание по символам (char), то есть выравнивание не требуется.<br>• s = выравнивание по коротким словам (short), 2 байта для большинства машин.<br>• i = выравнивание по целым (int), 4 байта для большинства машин.<br>• d = выравнивание по двойным словам (double), 8 байт для большинства машин, но не для всех.<br><br>**Примечание**<br>Для типов, используемых в системных |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| | | | таблицах, важно, чтобы размер и выравнивание, определённые в pg_type, согласовывались с тем, как компилятор располагает этот столбец в структуре, представляющей строку таблицы. |
| typstorage | char | | Значение typstorage для типов varlena (типов с typlen = -1) говорит, готов ли тип для помещения в TOAST, и какова стратегия по умолчанию для атрибутов этого типа. Возможные значения:<br>• p: Значение всегда должно храниться простым образом (plain).<br>• e: Значение может храниться во «вторичном» отношении (если оно есть, см. pg_class.reltoastrelid ).<br>• m: Значение может храниться сжатым внутри строки.<br>• x: Значение может храниться сжатым внутри строки или во «вторичном» хранилище.<br>Заметьте, что столбцы m тоже могут быть перемещены во вторичное хранилище, но только в качестве последней меры (столбцы e и x пе- |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| | | | ремещаются в первую очередь). |
| typnotnull | bool | | Поле typnotnull представляет ограничение «не NULL» для типа. Применяется только для доменов. |
| typbasetype | oid | 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 | 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 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 |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| | | | 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 описанию GRANT и REVOKE |

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 |

| Код | Категория |
|---|---|
| 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**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| oid | oid | | Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно) |
| umuser | oid | pg_authid .oid | OID сопоставляемой локальной роли, либо 0, если сопоставление задаётся для всех |
| umserver | oid | 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 кратко перечислены описываемые здесь системные представления. Более подробное описание каждого представления следует далее. Есть также дополнительные представления, дающие доступ к результатам работы сборщика статистики; они перечисляются в Таблице 28.2.

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 |

| Имя представления | Предназначение |
|---|---|
| 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_stats | 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**

| Имя | Тип | 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 |

| Имя | Тип | Описание |
|---|---|---|
| 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**

| Имя | Тип | 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 |
| 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**

| Имя | Тип | 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**

| Имя | Тип | Описание |
|---|---|---|
| name | text | Имя курсора |
| statement | text | Дословная строка запроса, создавшего данный курсор |
| is_holdable | boolean | 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 | boolean | True, если курсор был объявлен с указанием BINARY; в противном случае — false |
| is_scrollable | boolean | 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**

| Имя | Тип | Описание |
|---|---|---|
| sourcefile | text | Полный путь и имя файла конфигурации |
| sourceline | integer | Номер строки в файле конфигурации, из которой получена эта запись |
| seqno | integer | Порядок, в котором обрабатываются записи (1..*n*) |
| name | text | Имя параметра конфигурации |
| setting | text | Значение, присваиваемое параметру |
| applied | boolean | True, если значение может быть применено успешно |
| error | text | 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 присвоение 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**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| groname | name | pg_authid .rolname | Имя группы |
| grosysid | oid | pg_authid .oid | ID этой группы |
| grolist | oid[] | 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`**

| Имя | Тип | Описание |
|---|---|---|
| `line_number` | `integer` | 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`**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| `schemaname` | `name` | `pg_namespace .nspname` | Имя схемы, содержащей таблицу и индекс |
| `tablename` | `name` | `pg_class .relname` | Имя таблицы, для которой создан индекс |
| `indexname` | `name` | `pg_class .relname` | Имя индекса |
| `tablespace` | `name` | `pg_tablespace .spcname` | Имя табличного пространства, содержаще- |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| | | | го 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. Также могут быть установлены «рекомендательные» блокировки, не имеющие предопределённого значения.

**Таблица 51.74. Столбцы pg_locks**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| locktype | text | | Тип блокируемого объекта: relation (отношение), extend (расширение отношения), page (страница), tuple (кортеж), transactionid (идентификатор транзакции), virtualxid (виртуальный идентификатор), object (объект), userlock (пользовательская блокировка) или advisory (рекомендательная) |
| database | oid | 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 | pg_class .oid | OID отношения, являющегося целью блокировки, либо NULL, если цель блокировки — не отношение или часть отношения |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| page | integer | | Номер страницы в отношении, являющейся целью блокировки, либо NULL, если цель блокировки — не страница или кортеж отношения |
| tuple | smallint | | 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 | pg_class .oid | OID системного каталога, содержащего цель блокировки, либо NULL, если цель блокировки — не обычный объект базы данных |
| objid | oid | любой столбец OID | OID цели блокировки в соответствующем системном каталоге, либо NULL, если цель блокировки — не обычный объект базы данных |
| objsubid | smallint | | 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 |
| pid | integer | | Идентификатор серверного процесса (PID, Process ID), удержива- |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| | | | ющего 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 | boolean | | True, если блокировка получена, и false, если она ожидается |
| fastpath | boolean | | True, если блокировка получена по короткому 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 9.60).

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**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| schemaname | name | pg_namespace .nspname | Имя схемы, содержащей материализованное представление |
| matviewname | name | pg_class .relname | Имя материализованного представления |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| matviewowner | name | pg_authid .rolname | Имя владельца материализованного представления |
| tablespace | name | pg_tablespace .spcname | Имя табличного пространства, содержащего материализованное представление (NULL, если это пространство по умолчанию) |
| hasindexes | boolean | | True, если материализованное представление имеет (или недавно имело) индексы |
| ispopulated | boolean | | 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**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| schemaname | name | pg_namespace .nspname | Имя схемы, содержащей таблицу с этой политикой |
| tablename | name | pg_class .relname | Имя таблицы с этой политикой |
| policyname | name | pg_policy .polname | Имя политики |
| polpermissive | 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, ко- |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| | | | торые 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**

| Имя | Тип | Описание |
|---|---|---|
| name | text | 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 | boolean | 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**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| transaction | xid | | Числовой идентификатор подготовленной транзакции |
| gid | text | | Глобальный идентификатор транзакции, назначаемый транзакции |
| prepared | timestamp with time zone | | Время, в которое транзакция была подготовлена для фиксации |
| owner | name | pg_authid .rolname | Имя пользователя, выполнявшего транзакцию |
| database | name | 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**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| pubname | name | pg_publication .pubname | Имя публикации |
| schemaname | name | pg_namespace .nspname | Имя схемы, содержащей таблицу |
| tablename | name | 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**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| local_id | Oid | pg_replication_origin .roident | внутренний идентификатор узла |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| external_id | text | 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**

| Имя | Тип | Ссылки | 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 | pg_database .oid | OID базы данных, с которой связан этот слот, либо NULL. С базой данных могут быть связаны только логические слоты. |
| database | text | pg_database .datname | Имя базы данных, с которой связан этот слот, либо NULL. С базой данных могут быть связаны только логические слоты. |
| temporary | boolean | | True, если это временный слот репликации. Временные слоты не со- |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| | | | храняются на диск и автоматически удаляются при ошибке или завершении сеанса. |
| active | boolean | | True, если слот активно используется в данный момент |
| active_pid | integer | | 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, таким образом, не будет автоматически удаляться при контрольных точках. |
| 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. |

## 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.

В этом представлении выводится OID из нижележащей таблицы, так как это необходимо для соединений с другими каталогами.

**Таблица 51.82. Столбцы `pg_roles`**

| Имя | Тип | Ссылки | 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 5.7. |
| `rolconfig` | `text[]` | | Заданные для роли значения по умолча- |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| | | | нию переменных времени конфигурации |
| oid | oid | 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**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| schemaname | name | pg_namespace .nspname | Имя схемы, содержащей таблицу |
| tablename | name | pg_class .relname | Имя таблицы, с которой связано это правило |
| rulename | name | 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**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| objoid | oid | любой столбец OID | OID объекта, к которому относится эта метка безопасности |
| classoid | oid | 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 | pg_namespace .oid | OID пространства имён объекта, если применимо; иначе NULL. |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| objname | text | | Имя объекта, к которому применяется эта метка, в текстовом виде. |
| provider | text | pg_seclabel .provider | Поставщик меток безопасности, связанный с этой меткой. |
| label | text | 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**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| schemaname | name | pg_namespace .nspname | Имя схемы, содержащей последовательность |
| sequencename | name | pg_class .relname | Имя последовательности |
| sequenceowner | name | pg_authid .rolname | Имя владельца последовательности |
| data_type | regtype | pg_type .oid | Тип данных последовательности |
| start_value | bigint | | Начальное значение последовательности |
| min_value | bigint | | Минимальное значение последовательности |
| max_value | bigint | | Максимальное значение последовательности |
| increment_by | bigint | | Шаг увеличения последовательности |
| cycle | boolean | | Зацикливается ли последовательность |
| cache_size | bigint | | Размер кеша последовательности |
| last_value | bigint | | 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, |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| | | | 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**

| Имя | Тип | 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 |
| 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, получен- |

| Имя | Тип | Описание |
|---|---|---|
| | | ных не из файлов конфигурации, или при чтении этого поля не суперпользователем и не членом роли pg_read_all_settings ); полезно при использовании указаний include в файлах конфигурации |
| sourceline | integer | 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 | boolean | 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 се-

ансе, 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**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| usename | name | pg_authid .rolname | Имя пользователя |
| usesysid | oid | pg_authid .oid | ID этого пользователя |
| usecreatedb | bool | | Пользователь может создавать базы данных |
| usesuper | bool | | 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 5.7. |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| passwd | text | | Пароль (возможно зашифрованный); NULL, если он не задан. Подробнее хранение зашифрованных паролей описано в pg_authid . |
| valuntil | abstime | | Срок действия пароля (используется только при аутентификации по паролю) |
| useconfig | text[] | | Сеансовые значения по умолчанию для переменных конфигурации времени выполнения |

# 51.87. 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 51.88. Столбцы pg_stats**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| schemaname | name | pg_namespace .nspname | Имя схемы, содержащей таблицу |
| tablename | name | pg_class .relname | Имя таблицы |
| attname | name | 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 | real | | Доля записей, в которых этот столбец содержит NULL |
| avg_width | integer | | Средний размер элементов в столбце, в байтах |
| n_distinct | real | | Число больше нуля представляет примерное количество различных значений в столбце. Если это число меньше нуля, его модуль представляет количество различных значений, де- |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| | | | лённое 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 | real[] | | 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 | real | | Статистическая корреляция между физическим порядком строк и логическим порядком значений столбца. Допустимые значения ле- |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| | | | жат 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 | real[] | | Список частот самых частых элементов, то есть доля строк, содержащих минимум один экземпляр данного значения. За частотами по элементам следуют два или три дополнительных значения: минимум и максимум предшествующих частот по элементам и дополнительно частота элементов NULL. (Принимает значение NULL, когда most_common_elems — NULL.) |
| elem_count_histogram | real[] | | 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.

## 51.88. pg_tables

Представление pg_tables даёт доступ к полезной информации обо всех таблицах в базе данных.

**Таблица 51.89. Столбцы pg_tables**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| schemaname | name | pg_namespace .nspname | Имя схемы, содержащей таблицу |
| tablename | name | pg_class .relname | Имя таблицы |
| tableowner | name | pg_authid .rolname | Имя владельца таблицы |
| tablespace | name | pg_tablespace .spcname | Имя табличного пространства, содержащего таблицу (NULL, если это пространство по умолчанию) |
| hasindexes | boolean | pg_class .relhasindex | True, если эта таблица имеет (или недавно имела) индексы |
| hasrules | boolean | pg_class .relhasrules | True, если для таблицы определены (или были определены) правила |
| hastriggers | boolean | pg_class .relhastriggers | True, если для таблицы определены (или были определены) триггеры |
| rowsecurity | boolean | pg_class .relrowsecurity | True, если для таблицы включена защита строк |

# 51.89. 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 51.90. Столбцы pg_timezone_abbrevs**

| Имя | Тип | Описание |
|---|---|---|
| abbrev | text | Сокращение часового пояса |
| utc_offset | interval | Смещение от UTC (положительное — к востоку от Гринвича) |
| is_dst | boolean | 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.

# 51.90. 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 51.91. Столбцы pg_timezone_names**

| Имя | Тип | Описание |
|---|---|---|
| name | text | Название часового пояса |
| abbrev | text | Сокращение часового пояса |
| utc_offset | interval | Смещение от UTC (положительное — к востоку от Гринвича) |
| is_dst | boolean | True, если текущие данные отражают летнее время |

# 51.91. 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 51.92. Столбцы pg_user**

| Имя | Тип | Описание |
|---|---|---|
| usename | name | Имя пользователя |
| usesysid | oid | ID этого пользователя |
| usecreatedb | bool | Пользователь может создавать базы данных |
| usesuper | bool | 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 5.7. |
| passwd | text | Не пароль (всегда выводится как ********) |
| valuntil | abstime | Срок действия пароля (используется только при аутентификации по паролю) |
| useconfig | text[] | Сеансовые значения по умолчанию для переменных конфигурации времени выполнения |

# 51.92. 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 51.93. Столбцы pg_user_mappings**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| umid | oid | pg_user_mapping .oid | OID сопоставления пользователей |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| srvid | oid | pg_foreign_server .oid | OID стороннего сервера, содержащего это сопоставление |
| srvname | name | pg_foreign_server .srvname | Имя стороннего сервера |
| umuser | oid | 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

# 51.93. pg_views

Представление pg_views даёт доступ к полезной информации обо всех представлениях в базе данных.

**Таблица 51.94. Столбцы pg_views**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| schemaname | name | pg_namespace .nspname | Имя схемы, содержащей представление |
| viewname | name | pg_class .relname | Имя представления |
| viewowner | name | 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 обычных операций. 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 внутренних протоколов. По протоколу «простых запросов» клиент посылает просто текстовую строку запроса, которую сервер сразу же разбирает и выполняет. С протоколом «расширенных запросов» обработка запросов разделяется на несколько этапов: разбор, привязывание значений параметров и исполнение. Это даёт дополнительную гибкость и может увеличить быстродействие ценой большей сложности.

В обычном режиме также поддерживаются дополнительные внутренние протоколы 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 расширенных запросов

В протоколе расширенных 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 подразделов протокола: запуск, запрос, 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 52.2.6. 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. Простой запрос

Цикл простого запроса 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 52.2.5.

CopyOutResponse (Ответ исходящего копирования)

Сервер готов копировать данные из таблицы клиенту; см. Подраздел 52.2.5.

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 52.2.5. 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 режиме простых 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 52.2.6 за информацией о сообщениях, которые сервер может выдавать в ответ на внешние события.

Код клиента рекомендуется реализовывать в виде машины состояний, которая в любой момент будет принимать сообщения всех типов, имеющих смысл на данном этапе, но не программировать жёстко обработку точной последовательности сообщений.

## 52.2.3. Расширенный запрос

Протокол расширенных запросов разбивает вышеописанный протокол простых запросов на несколько шагов. Результаты подготовительных шагов можно неоднократно 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 протоколе простых 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 сообщение простого запроса 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 протокола расширенных 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 сообщение простого запроса 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 протокол простых запросов, 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 расширенных 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 расширенных 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, протокол расширенных 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 расширенных 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 отличие 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 состоит в том, что в ответ на него не приходят сообщения ParseComplete, BindComplete, CloseComplete или NoData.

## 52.2.4. Вызов функций

Подраздел 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 подраздел 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.

## 52.2.5. Операции COPY

Команда `COPY` позволяет обеспечить скоростную передачу данных на сервер или с сервера. Операции входящего и исходящего копирования переключают соединение в отдельные режимы протокола, которые завершаются 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 протокол простых или расширенных 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 52.2.6). 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 подразделе 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.)

### 52.2.6. 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, сиг-

нализирующее 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.

### 52.2.7. 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.

### 52.2.8. 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.

### 52.2.9. 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 должен 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 должен быть готов обработать сообщение ErrorMessage, полученное от сервера в ответ на SSLRequest. Такая ситуация возможна, только если сервер имеет версию, которая ещё не

поддерживала SSL в PostgreSQL. (Такие серверы сейчас антикварная редкость, и скорее всего их уже не встретить в природе.) В этом случае соединение должно быть закрыто, но клиент может решить открыть новое соединение, не запрашивая SSL-шифрование.

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.

# 52.3. Аутентификация SASL

*SASL* — это инфраструктура аутентификации для протоколов, ориентированных на соединения. На данный момент PostgreSQL реализует только один механизм SASL, SCRAM-SHA-256, но в будущем могут появиться и другие. Далее описывается, как в принципе осуществляется аутентификация SASL, а в следующем подразделе более подробно рассматривается SCRAM-SHA-256.

**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

Аутентификация *SCRAM-SHA-256* (далее называемая просто *SCRAM*) — единственный реализованный на данный момент механизм SASL. Она подробно описывается в RFC 7677 и 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, пред-

ставленные 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 с каналом* ещё не реализовано.

**Пример**

1. Сервер передаёт сообщение AuthenticationSASL. Оно содержит список механизмов аутентификации SASL, с которыми может работать сервер.
2. Клиент в ответ передаёт сообщение SASLInitialResponse, информирующее о выбранном механизме, `SCRAM-SHA-256`. В поле «Начального ответа клиента» это сообщение содержит данные SCRAM `client-first-message`.
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` этого параметра указывает обслуживающему процессу перейти в режим передачи WAL (walsender), в котором вместо SQL-операторов клиент может выдавать только ограниченный набор команд репликации. В режиме walsender можно использовать только протокол простых запросов. Команды репликации будут записываться в журнал сообщений сервера, если включён режим log_replication_commands. Если этот параметр имеет значение `database`, процесс walsender должен подключиться к базе данных, указанной в параметре `dbname`, что позволит использовать это подключение для логической репликации с указанной базой данных.

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).

В режиме walsender 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 *tli*

Запрашивает с сервера файл истории для линии времени *лин_врем*. Сервер возвращает набор результатов с одной строкой, содержащей два поля:

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 сообщение CommandComplete, 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.

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 логического декодирования для выбранного слота.

*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 занятых им ресурсов на стороне сервера. Если слот представляет собой логический слот, созданный не в той базе данных, к которой подключён walsender, команда завершается ошибкой.

*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 ]

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 до 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.

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, 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 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`
- различные временные файлы и каталоги, создаваемые в процессе работы сервером PostgreSQL, в частности файлы и каталоги с именами, начинающимися с `pgsql_tmp`
- `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.

## 52.5.1. Параметры протокола логической потоковой репликации

Команда логической репликации `START_REPLICATION` принимает следующие параметры:

proto_version

Версия протокола. В настоящее время поддерживается только версия `1`.

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.

## 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 произвольный идентификатор отношения, который можно сопоставить с идентификатором в сообщениях Relation. Сообщения Relation описывают схему данного отношения. Такие сообщения передаются для заданного отношения либо когда нужно впервые передать DML-сообщения для этого отношения в текущем сеансе, либо когда определение отношения изменилось со времени предыдущей передачи сообщения Relation о нём. В протоколе предполагается, что клиент сможет кешировать метаданные для достаточно большого числа отношений.

# 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: сервер (F), клиент (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`* передаётся идентификатор объекта вставленной строки, если *`число_строк`* равно 1 и в целевой таблице содержатся OID; в противном случае вместо *`oid`* передаётся 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 запрос.

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.)

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 А). 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 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.

Описанные выше сообщения имеют следующие общие блоки.

TupleData

Int16

Число столбцов.

Затем для каждого столбца следует один из следующих блоков для каждого столбца:

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 подраздел «расширенный запрос», 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.)

Не используйте комментарии в стиле C++ (комментарии `//`). Строгие компиляторы ANSI C их не принимают. По этой же причине не используйте расширения C++, например, не объявляйте новые переменные в середине блока.

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. Функция ereport сама по себе является просто оболочкой, которая существует в основном для синтаксического удобства, чтобы выдача сообщения выглядела как вызов функции в коде C. Единственный параметр, который принимает непосредственно функция ereport, это уровень важности. Основной текст и любые дополнительные элементы сообщения генерируются в результате вызова вспомогательных функций, таких как errmsg, в вызове ereport.

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. Обратите внимание на дополнительный набор скобок, окружающих вызовы вспомогательных функций — они загромождают код, но требуются синтаксисом.

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».

При уровне важности ERROR или более высоком, ereport прерывает выполнение пользовательской функции и не возвращает управление в вызывающий код. Если уровень важности ниже ERROR, ereport завершается обычным способом.

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 ошибке, 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.

[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.

- `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.
- `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_atoi: 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».

### 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 C89. Это означает, что код postgres должен успешно компилироваться компилятором, поддерживающим C89, возможно, за исключением нескольких платформозависимых мест. 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 inline` и `_Static_assert()`, хотя они относятся к более новым ревизиям стандарта C. Но если они недоступны, мы соответственно переходим к определению функций без inline и к использованию альтернативы, которая совместима с C89 и выполняет те же проверки, но выдаёт довольно непонятные сообщения.

### 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.

# 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 точное место (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 *`language`*`.po`, где *`language`* это *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 *`language_region`*`.po`, где *`region`* это *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

Данный раздел описывает 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 присвоение 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 37.9.

Обработчик вызова вызывается так же, как и любая другая функция: он получает указатель на переменную `struct FunctionCallInfoData`, содержащую значения аргументов и информацию о вызываемой функции, и должен вернуть результат типа `Datum` (и, возможно, установить признак `isnull` в структуре `FunctionCallInfoData`, если нужно вернуть результат SQL NULL). Отличие обработчика вызова от обычной вызываемой функцией состоит в том, что поле `flinfo->fn_oid` структуры `FunctionCallInfoData` 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 `FunctionCallInfoData` 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"

#ifdef PG_MODULE_MAGIC
PG_MODULE_MAGIC;
#endif

PG_FUNCTION_INFO_V1(plsample_call_handler);

Datum
plsample_call_handler(PG_FUNCTION_ARGS)
{
    Datum          retval;

    if (CALLED_AS_TRIGGER(fcinfo))
    {
        /*
         * Вызывается как триггерная процедура
         */
        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 37.9.5), 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 кон-

це 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 37.15.

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 37.9.

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 (в виде OID системного каталога, в котором будет сохраняться объект: `ForeignDataWrapperRelationId`, `ForeignServerRelationId`, `UserMappingRelationId` или `ForeignTableRelationId`). 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 средней ширины строки результата.

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 контексте кратковременной 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` 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);
```

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, 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. (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 запрос INSERT 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 ExecForeignInsert равен NULL, вставить данные в стороннюю таблицу не удастся, в ответ будет выдаваться сообщение об ошибке.

```
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 запрос UPDATE 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 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.

```
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 оптимизировать, 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 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.

```
HeapTuple
RefetchForeignRow (EState *estate,
                   ExecRowMark *erm,
                   Datum rowid,
                   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 требуется блокировка). Параметр `rowid` идентифицирует считываемый кортеж. Параметр `updated` используется как выходной.

Эта функция должна вернуть копию выбранного кортежа (размещённую в памяти palloc) или `NULL`, 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; значение `NULL` 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.

# 56.3. 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 *
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 *
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 пере-

дана 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 простом сканировании, 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);
```

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 проверить `node->ss.ss_currentScanDesc->rs_vistuples[]` и понять, какие кортежи актуальны и видимы. (Для этого требуется, чтобы признак `node->use_pagemode` равнялся `true`.)

## 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 объект (обычно статически размещённый), реализующий требуемые методы нестандартного пути (на данный момент это один метод).

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.

## 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.

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).

**Рисунок 59.1. Диаграмма структуры генетического алгоритма**

| | |
|---|---|
| P(t) | поколение предков на момент t |
| P''(t) | поколение потомков на момент t |

```
+=======================================+
|>>>>>>>>>>>  Алгоритм ГА  <<<<<<<<<<<<<|
+=======================================+
| ИНИЦИАЛИЗАЦИЯ t := 0                  |
+=======================================+
| ИНИЦИАЛИЗАЦИЯ P(t)                    |
+=======================================+
| вычислить ПРИСПОСОБЛЕННОСТЬ P(t)      |
+=======================================+
| пока не выполняется УСЛОВИЕ ОСТАНОВКИ |
|   +-----------------------------------+
|   | P'(t)  := СКРЕЩИВАНИЕ{P(t)}       |
|   +-----------------------------------+
|   | P''(t) := МУТАЦИЯ{P'(t)}          |
|   +-----------------------------------+
|   | P(t+1) := СЕЛЕКЦИЯ{P''(t) + P(t)} |
|   +-----------------------------------+
|   | вычислить ПРИСПОСОБЛЕННОСТЬ P''(t)|
|   +-----------------------------------+
|   | t := t + 1                        |
+===+===================================+
```

# 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 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 66.6, 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 66.6). 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.

## 60.1. 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 метода доступа. 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 60.2.

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;
    /* 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;
    /* МД обрабатывает предикатные блокировки? */
    bool        ampredlocks;
    /* МД поддерживает параллельное сканирование? */
    bool        amcanparallel;
    /* 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 */
    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 37.14; 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 60.5. 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 по нескольким столбцам, *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.

# 60.2. 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 IndexBuildHeapScan() 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 60.5. 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 булевский 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 очистку 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 очистку, 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 очистку 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 для записи индекса возвращаются значения индексируемых столбцов в виде IndexTuple. Атрибуты нумеруются с 1, то есть для первого столбца attno равен 1. Возвращает TRUE, если такое сканирование поддерживается, а иначе — FALSE. Если метод доступа индекса 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 60.6.

```
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 булевское 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.

```
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 60.3. 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.

```
boolean
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. 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` для него равен TRUE), 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. 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 для восстановления 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 60.3.

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.

# 60.3. 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 60.4.

Заметьте, что метод доступа может реализовывать только функцию amgetbitmap, но не amgettuple, и наоборот, если его внутренняя реализация несовместима с одной из этих функций.

## 60.4. 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 тонкие блокировки, которые ему могут потребоваться. Исключительная блокировка индекса в целом устанавливается только при создании и уничтожении индекса или операции REINDEX.

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 ин-

декса. 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 60.5.)
- 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 соответствующую 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.

## 60.5. 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 до-

ступа, поддерживающего это свойство, устанавливается признак `amcanunique`. (В настоящее время это поддерживают только B-деревья.)

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.

# 60.6. 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 стоимостью обработки одной строки индекса обычно принимается `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 61. 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 62. Индексы GiST

## 62.1. 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 SP-GiST в PostgreSQL в основном занимаются Фёдор Сигаев и Олег Бартунов; дополнительные сведения можно получить на их *сайте*.

## 62.2. Встроенные классы операторов

В базовый дистрибутив PostgreSQL включены классы операторов GiST, перечисленные в Таблице 62.1. (Некоторые дополнительные модули, описанные в Приложении F, добавляют другие классы операторов GiST.)

**Таблица 62.1. 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);
```

## 62.3. 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 семь методов и может дополнительно предоставлять ещё два. Корректность индекса обеспечивается реализацией методов `same`, `consistent` и `union`, а его эффективность (по размеру и скорости) будет зависеть от методов `penalty` и `picksplit`. Последние два основных 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 желает поддерживать сканирование только индекса.

`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.

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`

Метод, обратный к `compress`. Преобразует представление элемента данных в индексе в формат, с которым могут работать другие методы GiST в классе операторов.

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.

`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 булевского 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.

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`.

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.

# 62.4. Реализация

## 62.4.1. 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.

# 62.5. 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 63. Индексы SP-GiST

## 63.1. Введение

Аббревиатура SP-GiST расшифровывается как «Space-Partitioned GiST» (GiST с разбиением пространства). SP-GiST поддерживает деревья поиска с разбиением, 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 разбиения, 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*.

## 63.2. Встроенные классы операторов

В базовый дистрибутив PostgreSQL включены классы операторов SP-GiST, перечисленные в Таблице 63.1.

**Таблица 63.1. Встроенные классы операторов SP-GiST**

| Имя | Индексируемый тип данных | Индексируемые операторы |
|---|---|---|
| kd_point_ops | point | << <@ <^ >> >^ ~= |
| quad_point_ops | point | << <@ <^ >> >^ ~= |
| range_ops | любой тип диапазона | && &< &> -\|- << <@ = >> @> |
| box_ops | box | << &< && &> >> ~= @> <@ &<\| <<\| \|>> \|&> |
| 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.

## 63.3. 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 63.4.2.) 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 реализации пяти методов. Все пять 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` дополнительно возвращает результат `boolean`. Эти методы не должны менять никакие поля в их входных структурах. Выходная структура всегда обнуляется перед вызовом пользовательского метода.

Пользователь должен определить следующие пять 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 */
    bool        canReturnData;  /* Класс операторов может восстановить исходные
 данные */
    bool        longValuesOK;   /* Класс может принимать значения, не умещающиеся на
 1 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 63.4.1).

`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` задаётся исходное значение, которое должно быть вставлено в индекс. Значение `leafDatum` изначально совпадает с `datum`, но может быть другим на низких уровнях дерева, если его изменят методы `choose` или `picksplit`. Когда поиск места добавления достигает страницы уровня листа, в создаваемом кортеже листа будет сохранено 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 63.4.3). 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 (нуме-

рация 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 `datum`, если класс операторов не меняет значения данных от уровня к следующему, 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 `datums` — массив их значений данных. 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 63.4.3.

`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 63.4.1.

`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 */
    int         nkeys;          /* длина массива */

    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 */
} 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. 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. 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 63.4.3). 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, восстановленных для каждого дочернего узла, который нужно посетить; в противном случае оставьте `reconstructedValues` равным 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 */
    int         nkeys;          /* длина массива */

    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 */
} 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. 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. 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, 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 актуальному кортежу данных.

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()`.

# 63.4. Реализация

В этом разделе освещаются тонкости реализации и особенности, о которых полезно знать тем, кто будет реализовывать классы операторов SP-GiST.

## 63.4.1. 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 63.4.3.

## 63.4.2. 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.

## 63.4.3. 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.

## 63.5. Примеры

Дистрибутив исходного кода PostgreSQL содержит несколько примеров классов операторов индекса SP-GiST, перечисленных в Таблице 63.1. Код их реализации вы можете найти в `src/backend/access/spgist/` и `src/backend/utils/adt/`.

# Глава 64. Индексы GIN

## 64.1. 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*.

## 64.2. Встроенные классы операторов

В базовый дистрибутив PostgreSQL включены классы операторов GIN, перечисленные в Таблице 64.1. (Некоторые дополнительные модули, описанные в Приложении F, добавляют другие классы операторов GIN.)

**Таблица 64.1. 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.

## 64.3. 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 два 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 37.14.2). 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 A-является-подмножеством-B.) 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` булевских 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 вы-

зовом, 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: булевская consistent и троичная triConsistent. Функция triConsistent покрывает функциональность обоих, так что достаточно реализовать только её. Однако, если вычисление булевской вариации оказывается значительно дешевле, может иметь смысл реализовать их обе. Если представлена только булевская 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 булевских 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 булевское 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 булевской 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 следующий метод:

`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.

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 64.4.2.

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.

# 64.4. 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.

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.

### 64.4.1. 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 списка 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.

### 64.4.2. 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.

## 64.5. 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 64.4.1). 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 ко-

нечного 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.

## 64.6. 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.

## 64.7. Примеры

В базовый дистрибутив PostgreSQL включены классы операторов GIN, перечисленные ранее в Таблице 64.1. 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 65. Индексы BRIN

## 65.1. 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. *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.

### 65.1.1. 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, которая не попадает в последнюю зону, для новой зоны автоматически не рассчитывается сводная запись; кортежи на таких страницах остаются неучтёнными, пока позже не будет проведён расчёт сводных данных. Эта процедура может быть вызвана вручную, с помощью функции `brin_summarize_new_values(regclass)`, или автоматически, когда таблицу будет обрабатывать `VACUUM` или при автоочистке по мере добавления записей. (Последний метод отключён по умолчанию и может быть включён параметром `autosummarize`.) 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.

Когда включён режим автопересчёта сводки, при каждом заполнении зоны страниц механизму автоочистки передаётся запрос для пересчёта сводки только по этой зоне, и он будет выполнен в конце следующего прохода обработки той же базы данных. 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 этой ситуации сводка для данной зоны будет пересчитана при выполнении следующей обычной очистки таблицы.

# 65.2. Встроенные классы операторов

В базовый дистрибутив PostgreSQL включены классы операторов BRIN, перечисленные в Таблице 65.1.

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 65.1. Встроенные классы операторов BRIN**

| Имя | Индексируемый тип данных | Индексируемые операторы |
|---|---|---|
| abstime_minmax_ops | abstime | < <= = >= > |
| 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 | < <= = >= > |
| range_inclusion_ops | любой тип диапазона | << &< && &> >> @> <@ -\|- = < <= = > >= |
| float4_minmax_ops | real | < <= = >= > |
| reltime_minmax_ops | reltime | < <= = >= > |
| 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 | < <= = >= > |

| Имя | Индексируемый тип данных | Индексируемые операторы |
|---|---|---|
| uuid_minmax_ops | uuid | < <= = >= > |

# 65.3. 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 процедурам 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.

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, обойдясь без написания исходного кода; достаточно будет объявить нужные записи в каталоге. Заметьте, что предположения о семантике стратегий операторов зашиты в исходном коде опорных процедур.

Также возможно создать классы операторов, воплощающие полностью другую семантику, разработав реализации четырёх основных опорных процедур, описанных выше. Заметьте, что обратная

совместимость между разными основными версиями не гарантируется: к примеру, в следующих выпусках могут потребоваться дополнительные опорные процедуры.

При написании класса операторов для типа данных, представляющего полностью упорядоченное множество, можно использовать опорные процедуры minmax вместе с соответствующими операторами, как показано в Таблице 65.2. Все члены класса операторов (процедуры и операторы) являются обязательными.

**Таблица 65.2. Номера стратегий и опорных процедур для классов операторов Minmax**

| Член класса операторов | Объект |
|---|---|
| Опорная процедура 1 | внутренняя функция `brin_minmax_opcinfo()` |
| Опорная процедура 2 | внутренняя функция `brin_minmax_add_value()` |
| Опорная процедура 3 | внутренняя функция `brin_minmax_consistent()` |
| Опорная процедура 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 процедуры inclusion вместе с соответствующими операторами, как показано в Таблице 65.3. 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 65.3. Номера стратегий и опорных процедур для классов операторов Inclusion**

| Член класса операторов | Объект | Зависимость |
|---|---|---|
| Опорная процедура 1 | внутренняя функция `brin_inclusion_opcinfo()` | |
| Опорная процедура 2 | внутренняя функция `brin_inclusion_add_value()` | |
| Опорная процедура 3 | внутренняя функция `brin_inclusion_consistent()` | |
| Опорная процедура 4 | внутренняя функция `brin_inclusion_union()` | |
| Опорная процедура 11 | функция для слияния двух элементов | |
| Опорная процедура 12 | необязательная функция для проверки возможности слияния двух элементов | |
| Опорная процедура 13 | необязательная функция для проверки, содержится ли один элемент в другом | |
| Опорная процедура 14 | необязательная функция для проверки, является ли элемент пустым | |

| **Член класса операторов** | **Объект** | **Зависимость** |
|---|---|---|
| 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 процедур 1-10 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 значение функции объединения должно соответствовать типу данных `STORAGE`.

Опорные процедуры под номерами 12 и 14 предоставляются для поддержки нерегулярностей встроенных типов данных. Процедура номер 12 применяется для поддержки работы с сетевыми адресами из различных семейств, которые нельзя объединять. Процедура номер 14 применяется для поддержки зон с пустыми значениями. Процедура номер 13 является необязательной, но рекомендуемой; она проверяет новое значение, прежде чем оно будет передано функции объединения. Так как инфраструктура BRIN может соптимизировать некоторые операции, когда объединение не меняется, то применяя эту функцию, можно увеличить быстродействие индекса.

Классы операторов minmax и inclusion поддерживают операторы с разными типами, 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 65.3, 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 66. Физическое хранение базы данных

В данной главе рассматривается формат физического хранения, используемый базами данных PostgreSQL.

## 66.1. Размещение файлов базы данных

Этот раздел описывает 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 66.1. 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 66.1. 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 динамически 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 нотификации (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) |
| pg_stat | Подкаталог, содержащий постоянные файлы для подсистемы статистики. |

| Элемент | Описание |
|---|---|
| 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, временную метку запуска управляющего процесса, номер порта, путь к каталогу Unix-сокета (пустой для Windows), 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.

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 66.3), 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 66.4. Нежурналируемые таблицы и индексы имеют третий слой, так называемый слой инициализации, имя которого содержит суффикс _init (см. Раздел 66.5).

> **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 66.2.

Содержание таблиц и индексов рассматривается ниже (см. Раздел 66.6).

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_tmp`*`PPP`*`.`*`NNN`*, где *`PPP`* — PID серверного процесса, а *`NNN`* служит для разделения различных временных файлов этого серверного процесса.

# 66.2. 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 37.11.1.)

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 *таблице TOAST*, которая отделена, но связана с таблицей, содержащей собственно указатель данных TOAST. Такой указатель на данные *на диске* создаётся кодом обработки TOAST (в `access/heap/tuptoaster.c`), когда кортеж, сохраняемый на диск, оказывается слишком большим. Дополнительные подробности описаны в Подразделе 66.2.1. 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 данные большого размера. Дополнительные подробности описаны в Подразделе 66.2.2.

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`.

## 66.2.1. 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 (также 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 сжатие, ни отдельное хранение; кроме того, отключается использование однобайтовых заголовков для типов varlena. 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, отдельное хранение, тем не менее, будет выполнено для таких столбцов, 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.

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.

### 66.2.2. 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 указатель 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.

## 66.3. 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`. Модуль pg_freespacemap может быть использован для просмотра информации, хранящейся в картах свободного пространства.

## 66.4. 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.

## 66.5. 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).

## 66.6. 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.

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 контроль-

[1] Фактически индексные методы доступа не нуждаются в этом формате страниц. Все существующие индексные методы в действительности используют этот основной формат, но данные, хранящиеся в индексных метастраницах обычно не следуют правилам компоновки.

ную информацию, а внутри индекса могут быть разные типы страниц, в зависимости от метода доступа индекса.

Таблица 66.2 показывает общую компоновку страницы. Каждая страница имеет пять частей.

**Таблица 66.2. 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 66.3. В первом поле отслеживается самая последняя запись в WAL, связанная с этой страницей. Второе поле содержит контрольную сумму страницы, если включён режим data checksums. 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; а 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 66.3. 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 |
| pd_lower | LocationIndex | 2 байта | Смещение до начала свободного пространства |
| pd_upper | LocationIndex | 2 байта | Смещение до конца свободного пространства |

| Поле | Тип | Длина | Описание |
|---|---|---|---|
| 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 содержание 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).

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 66.4. 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 достаточно байтов, чтобы иметь один бит на столбец (т. е. `t_natts` битов всего). В этом списке битов установленный в единицу бит означает непустое значение, а установленный в ноль соответствует пустому значению. Когда битовая карта отсутствует, все столбцы считаются непустыми. Идентификатор объекта присутствует, если только бит *HEAP_HASOID* установлен в значении `t_infomask`. Если он есть, он расположен сразу перед началом `t_hoff`. Любое заполнение, необходимое для того, чтобы сделать `t_hoff` кратным MAXALIGN, будет расположено между битовой картой пустых значений и идентификатором объекта. (Это в свою очередь гарантирует, что идентификатор объекта будет правильно выровнен.)

**Таблица 66.4. Данные заголовка строки таблицы (HeapTupleHeaderData)**

| Поле | Тип | Длина | Описание |
|---|---|---|---|
| t_xmin | TransactionId | 4 байта | значение XID вставки |

| Поле | Тип | Длина | Описание |
|---|---|---|---|
| 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 |
| 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`.

Интерпретация текущих данных может быть проведена с помощью информации, полученной из других таблиц, в основном из `pg_attribute`. Ключевые значения, необходимые для определения расположения полей `attlen` и `attalign`. Не существует способа непосредственного получения заданного атрибута кроме случая, когда имеются только поля фиксированной длины, и при этом нет пустых значений. 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 66.2).

# Глава 67. Внутренний интерфейс BKI

Файлы внутреннего интерфейса (BKI, Backend Interface) представляют собой скрипты на специальном языке, который понимает сервер PostgreSQL в режиме «первого запуска». Этот режим позволяет создать системные каталоги и заполнить их с нуля, тогда как для обычных SQL-команд необходимо, чтобы каталоги уже существовали. Таким образом, файлы BKI могут применяться для изначального создания системы баз данных. (И вряд ли им можно найти другое применение.)

Программа initdb использует файл BKI для выполнения части своей работы при создании нового кластера баз данных. Входной файл для initdb создаётся в процессе сборки и установки PostgreSQL программой `genbki.pl`, которая считывает для этого специально отформатированные заголовочные файлы C в каталоге `src/include/catalog/` в дереве исходного кода. Созданный файл BKI называется `postgres.bki` и обычно устанавливается в подкаталог `share` дерева инсталляции.

Дополнительные сведения можно найти в документации по initdb.

## 67.1. 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.

## 67.2. Команды BKI

`create` *имя_таблицы* *oid_таблицы* [`bootstrap`] [`shared_relation`] [`without_oids`] [`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`. (Это по сути означает, что только эти типы столбцов могут быть в таблицах, создаваемых в таком режиме, хотя каталоги, создаваемые позже, 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. Она будет содержать столбец OID, если отсутствует указание `without_oids`. 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 может задаваться для перепроверки, но это не требуется.

insert [OID = *значение_oid*] ( *значение1 значение2* ... )

Вставить новую строку в открытую таблицу, установив *значение1*, *значение2* и т. д. в качестве значений столбцов и *значение_oid* в качестве OID. Если *значение_oid* равно нулю (0) или это указание опущено, а таблица при этом содержит OID, строке назначается следующий свободный OID.

Значения NULL могут задаваться специальным ключевым словом _null_. Значения, содержащие пробелы, 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.

# 67.3. 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.

10Определение индексов и таблиц TOAST.

11`build indices`

Несомненно есть и другие, недокументированные зависимости, диктующие определённый порядок.

# 67.4. Пример

Следующая последовательность команд создаст таблицу `test_table` с OID 420, имеющую два столбца `cola` и `colb` типа `int4` и `text`, соответственно, и вставит две строки в эту таблицу:

```
create test_table 420 (cola = int4, colb = text)
open test_table
insert OID=421 ( 1 "value1" )
insert OID=422 ( 2 _null_ )
close test_table
```

# Глава 68. 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.

## 68.1. 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
```

Т. е., 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`.

# 68.2. Примеры многовариантной статистики

## 68.2.1. 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
```

### 68.2.2. 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)
```

## 68.3. 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 столб-

цов, 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.

# 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 10.11. (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 |

| Код ошибки | Имя условия |
|---|---|
| 2200B | escape_character_conflict |
| 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 |
| 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 |

| Код ошибки | Имя условия |
|---|---|
| 22P05 | untranslatable_character |
| 2200L | not_an_xml_document |
| 2200M | invalid_xml_document |
| 2200N | invalid_xml_content |
| 2200S | invalid_xml_comment |
| 2200T | invalid_xml_processing_instruction |
| **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 |
| 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 |

| Код ошибки | Имя условия |
|---|---|
| **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** | |
| 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 |

| Код ошибки | Имя условия |
|---|---|
| **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 |
| 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 |

| Код ошибки | Имя условия |
|---|---|
| 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 |
| **Класс 57 — Вмешательство оператора** | |
| 57000 | operator_intervention |
| 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 |

| Код ошибки | Имя условия |
|---|---|
| **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 |
| 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 с 1 по 99 н. э. по григорианскому календарю могут вводится при помощи четырёхзначного числа с начальными нулями (например, `0099` это год 99 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 02:30'::timestamptz;
      timestamptz
------------------------
 2018-11-04 02:30:00-05
(1 row)
```

В этот день возможны две интерпретации времени 2:30; сначала было 2:30 в часовом поясе EDT, а час спустя, после возврата к стандартному времени, наступило 2:30 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 02:30 EDT'::timestamptz;
      timestamptz
------------------------
 2018-11-04 01:30:00-05
(1 row)
```

Этот момент времени можно представить как 2:30 в UTC-4 или 1:30 в UTC-5; код вывода timestamp выбирает последний вариант.

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 |

| Идентификатор | Описание |
|---|---|
| JULIAN, JD, J | Следующее поле является юлианской датой |
| 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. 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.

*Юлианский период* является ещё одним типом календаря. Он не имеет отношения к юлианскому календарю, несмотря на схожие названия. Данный способ измерения времени был изобретён французским учёным Жозефом Жюстом Скалигером (1540-1609) и так назван, вероятно, в честь отца Скалигера, итальянского учёного Юлия Цезаря Скалигера (1484-1558). В юлианском периоде, каждый день имеет порядковый номер, начиная с 0 (иногда его называют *юлианская дата* или JD 0). 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 от 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 рассматривает юлианский день как длящийся от полуночи до полуночи.

# Приложение C. Ключевые слова SQL

В Таблице C.1 перечислены все слова, которые являются ключевыми в стандарте SQL и в PostgreSQL 10.11. 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. Ключевые слова SQL**

| Ключевое слово | PostgreSQL | SQL:2011 | SQL:2008 | SQL-92 |
|---|---|---|---|---|
| `A` | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| `ABORT` | не зарезервировано | | | |
| `ABS` | | зарезервировано | зарезервировано | |
| `ABSENT` | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| `ABSOLUTE` | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | зарезервировано |

| Ключевое слово | PostgreSQL | SQL:2011 | SQL:2008 | SQL-92 |
|---|---|---|---|---|
| ACCESS | не зарезервировано | | | |
| ACCORDING | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| ACTION | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | зарезервировано |
| ADA | | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано |
| ADD | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | зарезервировано |
| ADMIN | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| AFTER | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| AGGREGATE | не зарезервировано | | | |
| ALL | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| ALLOCATE | | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| ALSO | не зарезервировано | | | |
| ALTER | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| ALWAYS | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| ANALYSE | зарезервировано | | | |
| ANALYZE | зарезервировано | | | |
| AND | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| ANY | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| ARE | | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| ARRAY | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | |
| ARRAY_AGG | | зарезервировано | зарезервировано | |
| ARRAY_MAX_ CARDINALITY | | зарезервировано | | |
| AS | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| ASC | зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | зарезервировано |
| ASENSITIVE | | зарезервировано | зарезервировано | |
| ASSERTION | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | зарезервировано |
| ASSIGNMENT | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| ASYMMETRIC | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | |
| AT | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| ATOMIC | | зарезервировано | зарезервировано | |

| Ключевое слово | PostgreSQL | SQL:2011 | SQL:2008 | SQL-92 |
|---|---|---|---|---|
| ATTACH | не зарезервировано | | | |
| ATTRIBUTE | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| ATTRIBUTES | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| AUTHORIZATION | зарезервировано (допускается функция или тип) | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| AVG | | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| BACKWARD | не зарезервировано | | | |
| BASE64 | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| BEFORE | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| BEGIN | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| BEGIN_FRAME | | зарезервировано | | |
| BEGIN_PARTITION | | зарезервировано | | |
| BERNOULLI | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| BETWEEN | не зарезервировано (не допускается функция или тип) | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| BIGINT | не зарезервировано (не допускается функция или тип) | зарезервировано | зарезервировано | |
| BINARY | зарезервировано (допускается функция или тип) | зарезервировано | зарезервировано | |
| BIT | не зарезервировано (не допускается функция или тип) | | | зарезервировано |
| BIT_LENGTH | | | | зарезервировано |
| BLOB | | зарезервировано | зарезервировано | |
| BLOCKED | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| BOM | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| BOOLEAN | не зарезервировано (не допускается функция или тип) | зарезервировано | зарезервировано | |
| BOTH | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| BREADTH | | не зарезервировано | не зарезервировано | |

| Ключевое слово | PostgreSQL | SQL:2011 | SQL:2008 | SQL-92 |
|---|---|---|---|---|
| BY | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| C | | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано |
| CACHE | не зарезервировано | | | |
| CALL | | зарезервировано | зарезервировано | |
| CALLED | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | |
| CARDINALITY | | зарезервировано | зарезервировано | |
| CASCADE | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | зарезервировано |
| CASCADED | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| CASE | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| CAST | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| CATALOG | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | зарезервировано |
| CATALOG_NAME | | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано |
| CEIL | | зарезервировано | зарезервировано | |
| CEILING | | зарезервировано | зарезервировано | |
| CHAIN | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| CHAR | не зарезервировано (не допускается функция или тип) | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| CHARACTER | не зарезервировано (не допускается функция или тип) | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| CHARACTERISTICS | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| CHARACTERS | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| CHARACTER_ LENGTH | | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| CHARACTER_SET_ CATALOG | | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано |
| CHARACTER_SET_ NAME | | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано |
| CHARACTER_SET_ SCHEMA | | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано |
| CHAR_LENGTH | | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| CHECK | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| CHECKPOINT | не зарезервировано | | | |

| Ключевое слово | PostgreSQL | SQL:2011 | SQL:2008 | SQL-92 |
|---|---|---|---|---|
| CLASS | не зарезервировано | | | |
| CLASS_ORIGIN | | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано |
| CLOB | | зарезервировано | зарезервировано | |
| CLOSE | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| CLUSTER | не зарезервировано | | | |
| COALESCE | не зарезервировано (не допускается функция или тип) | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| COBOL | | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано |
| COLLATE | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| COLLATION | зарезервировано ( допускается функция или тип) | не зарезервировано | не зарезервировано | зарезервировано |
| COLLATION_ CATALOG | | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано |
| COLLATION_NAME | | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано |
| COLLATION_ SCHEMA | | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано |
| COLLECT | | зарезервировано | зарезервировано | |
| COLUMN | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| COLUMNS | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| COLUMN_NAME | | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано |
| COMMAND_ FUNCTION | | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано |
| COMMAND_ FUNCTION_CODE | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| COMMENT | не зарезервировано | | | |
| COMMENTS | не зарезервировано | | | |
| COMMIT | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| COMMITTED | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано |
| CONCURRENTLY | зарезервировано ( допускается функция или тип) | | | |
| CONDITION | | зарезервировано | зарезервировано | |

| Ключевое слово | PostgreSQL | SQL:2011 | SQL:2008 | SQL-92 |
|---|---|---|---|---|
| CONDITION_ NUMBER | | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано |
| CONFIGURATION | не зарезервировано | | | |
| CONFLICT | не зарезервировано | | | |
| CONNECT | | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| CONNECTION | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | зарезервировано |
| CONNECTION_NAME | | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано |
| CONSTRAINT | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| CONSTRAINTS | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | зарезервировано |
| CONSTRAINT_ CATALOG | | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано |
| CONSTRAINT_NAME | | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано |
| CONSTRAINT_ SCHEMA | | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано |
| CONSTRUCTOR | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| CONTAINS | | зарезервировано | не зарезервировано | |
| CONTENT | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| CONTINUE | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | зарезервировано |
| CONTROL | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| CONVERSION | не зарезервировано | | | |
| CONVERT | | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| COPY | не зарезервировано | | | |
| CORR | | зарезервировано | зарезервировано | |
| CORRESPONDING | | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| COST | не зарезервировано | | | |
| COUNT | | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| COVAR_POP | | зарезервировано | зарезервировано | |
| COVAR_SAMP | | зарезервировано | зарезервировано | |
| CREATE | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| CROSS | зарезервировано ( допускается функция или тип) | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |

| Ключевое слово | PostgreSQL | SQL:2011 | SQL:2008 | SQL-92 |
|---|---|---|---|---|
| CSV | не зарезервировано | | | |
| CUBE | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | |
| CUME_DIST | | зарезервировано | зарезервировано | |
| CURRENT | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| CURRENT_CATALOG | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | |
| CURRENT_DATE | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| CURRENT_ DEFAULT_ TRANSFORM_ GROUP | | зарезервировано | зарезервировано | |
| CURRENT_PATH | | зарезервировано | зарезервировано | |
| CURRENT_ROLE | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | |
| CURRENT_ROW | | зарезервировано | | |
| CURRENT_SCHEMA | зарезервировано ( допускается функция или тип) | зарезервировано | зарезервировано | |
| CURRENT_TIME | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| CURRENT_ TIMESTAMP | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| CURRENT_ TRANSFORM_ GROUP_FOR_ TYPE | | зарезервировано | зарезервировано | |
| CURRENT_USER | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| CURSOR | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| CURSOR_NAME | | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано |
| CYCLE | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | |
| DATA | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано |
| DATABASE | не зарезервировано | | | |
| DATALINK | | зарезервировано | зарезервировано | |
| DATE | | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| DATETIME_ INTERVAL_CODE | | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано |
| DATETIME_ INTERVAL_ PRECISION | | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано |
| DAY | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |

| Ключевое слово | PostgreSQL | SQL:2011 | SQL:2008 | SQL-92 |
|---|---|---|---|---|
| DB | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| DEALLOCATE | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| DEC | не зарезервировано (не допускается функция или тип) | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| DECIMAL | не зарезервировано (не допускается функция или тип) | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| DECLARE | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| DEFAULT | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| DEFAULTS | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| DEFERRABLE | зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | зарезервировано |
| DEFERRED | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | зарезервировано |
| DEFINED | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| DEFINER | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| DEGREE | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| DELETE | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| DELIMITER | не зарезервировано | | | |
| DELIMITERS | не зарезервировано | | | |
| DENSE_RANK | | зарезервировано | зарезервировано | |
| DEPENDS | не зарезервировано | | | |
| DEPTH | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| DEREF | | зарезервировано | зарезервировано | |
| DERIVED | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| DESC | зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | зарезервировано |
| DESCRIBE | | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| DESCRIPTOR | | не зарезервировано | не зарезервировано | зарезервировано |
| DETACH | не зарезервировано | | | |
| DETERMINISTIC | | зарезервировано | зарезервировано | |

| Ключевое слово | PostgreSQL | SQL:2011 | SQL:2008 | SQL-92 |
|---|---|---|---|---|
| DIAGNOSTICS | | не зарезервировано | не зарезервировано | зарезервировано |
| DICTIONARY | не зарезервировано | | | |
| DISABLE | не зарезервировано | | | |
| DISCARD | не зарезервировано | | | |
| DISCONNECT | | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| DISPATCH | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| DISTINCT | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| DLNEWCOPY | | зарезервировано | зарезервировано | |
| DLPREVIOUSCOPY | | зарезервировано | зарезервировано | |
| DLURLCOMPLETE | | зарезервировано | зарезервировано | |
| DLURLCOMPLETEONLY | | зарезервировано | зарезервировано | |
| DLURLCOMPLETEWRITE | | зарезервировано | зарезервировано | |
| DLURLPATH | | зарезервировано | зарезервировано | |
| DLURLPATHONLY | | зарезервировано | зарезервировано | |
| DLURLPATHWRITE | | зарезервировано | зарезервировано | |
| DLURLSCHEME | | зарезервировано | зарезервировано | |
| DLURLSERVER | | зарезервировано | зарезервировано | |
| DLVALUE | | зарезервировано | зарезервировано | |
| DO | зарезервировано | | | |
| DOCUMENT | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| DOMAIN | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | зарезервировано |
| DOUBLE | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| DROP | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| DYNAMIC | | зарезервировано | зарезервировано | |
| DYNAMIC_ FUNCTION | | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано |
| DYNAMIC_ FUNCTION_CODE | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| EACH | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | |
| ELEMENT | | зарезервировано | зарезервировано | |
| ELSE | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| EMPTY | | не зарезервировано | не зарезервировано | |

| Ключевое слово | PostgreSQL | SQL:2011 | SQL:2008 | SQL-92 |
|---|---|---|---|---|
| ENABLE | не зарезервировано | | | |
| ENCODING | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| ENCRYPTED | не зарезервировано | | | |
| END | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| END-EXEC | | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| END_FRAME | | зарезервировано | | |
| END_PARTITION | | зарезервировано | | |
| ENFORCED | | не зарезервировано | | |
| ENUM | не зарезервировано | | | |
| EQUALS | | зарезервировано | не зарезервировано | |
| ESCAPE | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| EVENT | не зарезервировано | | | |
| EVERY | | зарезервировано | зарезервировано | |
| EXCEPT | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| EXCEPTION | | | | зарезервировано |
| EXCLUDE | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| EXCLUDING | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| EXCLUSIVE | не зарезервировано | | | |
| EXEC | | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| EXECUTE | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| EXISTS | не зарезервировано (не допускается функция или тип) | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| EXP | | зарезервировано | зарезервировано | |
| EXPLAIN | не зарезервировано | | | |
| EXPRESSION | | не зарезервировано | | |
| EXTENSION | не зарезервировано | | | |
| EXTERNAL | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |

| Ключевое слово | PostgreSQL | SQL:2011 | SQL:2008 | SQL-92 |
|---|---|---|---|---|
| EXTRACT | не зарезервировано (не допускается функция или тип) | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| FALSE | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| FAMILY | не зарезервировано | | | |
| FETCH | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| FILE | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| FILTER | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | |
| FINAL | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| FIRST | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | зарезервировано |
| FIRST_VALUE | | зарезервировано | зарезервировано | |
| FLAG | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| FLOAT | не зарезервировано (не допускается функция или тип) | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| FLOOR | | зарезервировано | зарезервировано | |
| FOLLOWING | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| FOR | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| FORCE | не зарезервировано | | | |
| FOREIGN | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| FORTRAN | | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано |
| FORWARD | не зарезервировано | | | |
| FOUND | | не зарезервировано | не зарезервировано | зарезервировано |
| FRAME_ROW | | зарезервировано | | |
| FREE | | зарезервировано | зарезервировано | |
| FREEZE | зарезервировано ( допускается функция или тип) | | | |
| FROM | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| FS | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| FULL | зарезервировано ( допускается функция или тип) | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |

| Ключевое слово | PostgreSQL | SQL:2011 | SQL:2008 | SQL-92 |
|---|---|---|---|---|
| FUNCTION | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | |
| FUNCTIONS | не зарезервировано | | | |
| FUSION | | зарезервировано | зарезервировано | |
| G | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| GENERAL | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| GENERATED | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| GET | | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| GLOBAL | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| GO | | не зарезервировано | не зарезервировано | зарезервировано |
| GOTO | | не зарезервировано | не зарезервировано | зарезервировано |
| GRANT | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| GRANTED | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| GREATEST | не зарезервировано (не допускается функция или тип) | | | |
| GROUP | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| GROUPING | не зарезервировано (не допускается функция или тип) | зарезервировано | зарезервировано | |
| GROUPS | | зарезервировано | | |
| HANDLER | не зарезервировано | | | |
| HAVING | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| HEADER | не зарезервировано | | | |
| HEX | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| HIERARCHY | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| HOLD | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | |
| HOUR | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| ID | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| IDENTITY | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |

| Ключевое слово | PostgreSQL | SQL:2011 | SQL:2008 | SQL-92 |
|---|---|---|---|---|
| IF | не зарезервировано | | | |
| IGNORE | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| ILIKE | зарезервировано (допускается функция или тип) | | | |
| IMMEDIATE | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | зарезервировано |
| IMMEDIATELY | | не зарезервировано | | |
| IMMUTABLE | не зарезервировано | | | |
| IMPLEMENTATION | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| IMPLICIT | не зарезервировано | | | |
| IMPORT | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | |
| IN | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| INCLUDING | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| INCREMENT | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| INDENT | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| INDEX | не зарезервировано | | | |
| INDEXES | не зарезервировано | | | |
| INDICATOR | | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| INHERIT | не зарезервировано | | | |
| INHERITS | не зарезервировано | | | |
| INITIALLY | зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | зарезервировано |
| INLINE | не зарезервировано | | | |
| INNER | зарезервировано (допускается функция или тип) | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| INOUT | не зарезервировано (не допускается функция или тип) | зарезервировано | зарезервировано | |
| INPUT | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | зарезервировано |

| Ключевое слово | PostgreSQL | SQL:2011 | SQL:2008 | SQL-92 |
|---|---|---|---|---|
| INSENSITIVE | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| INSERT | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| INSTANCE | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| INSTANTIABLE | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| INSTEAD | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| INT | не зарезервировано (не допускается функция или тип) | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| INTEGER | не зарезервировано (не допускается функция или тип) | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| INTEGRITY | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| INTERSECT | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| INTERSECTION | | зарезервировано | зарезервировано | |
| INTERVAL | не зарезервировано (не допускается функция или тип) | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| INTO | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| INVOKER | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| IS | зарезервировано ( допускается функция или тип) | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| ISNULL | зарезервировано ( допускается функция или тип) | | | |
| ISOLATION | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | зарезервировано |
| JOIN | зарезервировано ( допускается функция или тип) | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| K | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| KEY | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | зарезервировано |
| KEY_MEMBER | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| KEY_TYPE | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| LABEL | не зарезервировано | | | |
| LAG | | зарезервировано | зарезервировано | |

| Ключевое слово | PostgreSQL | SQL:2011 | SQL:2008 | SQL-92 |
|---|---|---|---|---|
| LANGUAGE | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| LARGE | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | |
| LAST | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | зарезервировано |
| LAST_VALUE | | зарезервировано | зарезервировано | |
| LATERAL | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | |
| LEAD | | зарезервировано | зарезервировано | |
| LEADING | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| LEAKPROOF | не зарезервировано | | | |
| LEAST | не зарезервировано (не допускается функция или тип) | | | |
| LEFT | зарезервировано ( допускается функция или тип) | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| LENGTH | | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано |
| LEVEL | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | зарезервировано |
| LIBRARY | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| LIKE | зарезервировано ( допускается функция или тип) | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| LIKE_REGEX | | зарезервировано | зарезервировано | |
| LIMIT | зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| LINK | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| LISTEN | не зарезервировано | | | |
| LN | | зарезервировано | зарезервировано | |
| LOAD | не зарезервировано | | | |
| LOCAL | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| LOCALTIME | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | |
| LOCALTIMESTAMP | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | |
| LOCATION | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| LOCATOR | | не зарезервировано | не зарезервировано | |

| Ключевое слово | PostgreSQL | SQL:2011 | SQL:2008 | SQL-92 |
|---|---|---|---|---|
| LOCK | не зарезервировано | | | |
| LOCKED | не зарезервировано | | | |
| LOGGED | не зарезервировано | | | |
| LOWER | | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| M | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| MAP | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| MAPPING | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| MATCH | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| MATCHED | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| MATERIALIZED | не зарезервировано | | | |
| MAX | | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| MAXVALUE | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| MAX_CARDINALITY | | | зарезервировано | |
| MEMBER | | зарезервировано | зарезервировано | |
| MERGE | | зарезервировано | зарезервировано | |
| MESSAGE_LENGTH | | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано |
| MESSAGE_OCTET_LENGTH | | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано |
| MESSAGE_TEXT | | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано |
| METHOD | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | |
| MIN | | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| MINUTE | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| MINVALUE | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| MOD | | зарезервировано | зарезервировано | |
| MODE | не зарезервировано | | | |
| MODIFIES | | зарезервировано | зарезервировано | |
| MODULE | | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| MONTH | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |

| Ключевое слово | PostgreSQL | SQL:2011 | SQL:2008 | SQL-92 |
|---|---|---|---|---|
| MORE | | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано |
| MOVE | не зарезервировано | | | |
| MULTISET | | зарезервировано | зарезервировано | |
| MUMPS | | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано |
| NAME | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано |
| NAMES | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | зарезервировано |
| NAMESPACE | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| NATIONAL | не зарезервировано (не допускается функция или тип) | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| NATURAL | зарезервировано ( допускается функция или тип) | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| NCHAR | не зарезервировано (не допускается функция или тип) | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| NCLOB | | зарезервировано | зарезервировано | |
| NESTING | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| NEW | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | |
| NEXT | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | зарезервировано |
| NFC | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| NFD | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| NFKC | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| NFKD | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| NIL | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| NO | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| NONE | не зарезервировано (не допускается функция или тип) | зарезервировано | зарезервировано | |
| NORMALIZE | | зарезервировано | зарезервировано | |
| NORMALIZED | | не зарезервировано | не зарезервировано | |

| Ключевое слово | PostgreSQL | SQL:2011 | SQL:2008 | SQL-92 |
|---|---|---|---|---|
| NOT | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| NOTHING | не зарезервировано | | | |
| NOTIFY | не зарезервировано | | | |
| NOTNULL | зарезервировано (допускается функция или тип) | | | |
| NOWAIT | не зарезервировано | | | |
| NTH_VALUE | | зарезервировано | зарезервировано | |
| NTILE | | зарезервировано | зарезервировано | |
| NULL | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| NULLABLE | | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано |
| NULLIF | не зарезервировано (не допускается функция или тип) | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| NULLS | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| NUMBER | | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано |
| NUMERIC | не зарезервировано (не допускается функция или тип) | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| OBJECT | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| OCCURRENCES_REGEX | | зарезервировано | зарезервировано | |
| OCTETS | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| OCTET_LENGTH | | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| OF | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| OFF | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| OFFSET | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | |
| OIDS | не зарезервировано | | | |
| OLD | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | |
| ON | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| ONLY | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| OPEN | | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| OPERATOR | не зарезервировано | | | |

| Ключевое слово | PostgreSQL | SQL:2011 | SQL:2008 | SQL-92 |
|---|---|---|---|---|
| OPTION | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | зарезервировано |
| OPTIONS | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| OR | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| ORDER | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| ORDERING | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| ORDINALITY | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| OTHERS | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| OUT | не зарезервировано (не допускается функция или тип) | зарезервировано | зарезервировано | |
| OUTER | зарезервировано ( допускается функция или тип) | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| OUTPUT | | не зарезервировано | не зарезервировано | зарезервировано |
| OVER | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | |
| OVERLAPS | зарезервировано ( допускается функция или тип) | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| OVERLAY | не зарезервировано (не допускается функция или тип) | зарезервировано | зарезервировано | |
| OVERRIDING | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| OWNED | не зарезервировано | | | |
| OWNER | не зарезервировано | | | |
| P | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| PAD | | не зарезервировано | не зарезервировано | зарезервировано |
| PARALLEL | не зарезервировано | | | |
| PARAMETER | | зарезервировано | зарезервировано | |
| PARAMETER_MODE | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| PARAMETER_NAME | | не зарезервировано | не зарезервировано | |

| Ключевое слово | PostgreSQL | SQL:2011 | SQL:2008 | SQL-92 |
|---|---|---|---|---|
| PARAMETER_ ORDINAL_ POSITION | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| PARAMETER_ SPECIFIC_ CATALOG | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| PARAMETER_ SPECIFIC_NAME | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| PARAMETER_ SPECIFIC_ SCHEMA | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| PARSER | не зарезервировано | | | |
| PARTIAL | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | зарезервировано |
| PARTITION | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | |
| PASCAL | | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано |
| PASSING | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| PASSTHROUGH | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| PASSWORD | не зарезервировано | | | |
| PATH | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| PERCENT | | зарезервировано | | |
| PERCENTILE_CONT | | зарезервировано | зарезервировано | |
| PERCENTILE_DISC | | зарезервировано | зарезервировано | |
| PERCENT_RANK | | зарезервировано | зарезервировано | |
| PERIOD | | зарезервировано | | |
| PERMISSION | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| PLACING | зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| PLANS | не зарезервировано | | | |
| PLI | | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано |
| POLICY | не зарезервировано | | | |
| PORTION | | зарезервировано | | |
| POSITION | не зарезервировано (не допускается функция или тип) | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |

| Ключевое слово | PostgreSQL | SQL:2011 | SQL:2008 | SQL-92 |
|---|---|---|---|---|
| POSITION_REGEX | | зарезервировано | зарезервировано | |
| POWER | | зарезервировано | зарезервировано | |
| PRECEDES | | зарезервировано | | |
| PRECEDING | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| PRECISION | не зарезервировано (не допускается функция или тип) | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| PREPARE | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| PREPARED | не зарезервировано | | | |
| PRESERVE | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | зарезервировано |
| PRIMARY | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| PRIOR | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | зарезервировано |
| PRIVILEGES | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | зарезервировано |
| PROCEDURAL | не зарезервировано | | | |
| PROCEDURE | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| PROGRAM | не зарезервировано | | | |
| PUBLIC | | не зарезервировано | не зарезервировано | зарезервировано |
| PUBLICATION | не зарезервировано | | | |
| QUOTE | не зарезервировано | | | |
| RANGE | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | |
| RANK | | зарезервировано | зарезервировано | |
| READ | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | зарезервировано |
| READS | | зарезервировано | зарезервировано | |
| REAL | не зарезервировано (не допускается функция или тип) | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| REASSIGN | не зарезервировано | | | |
| RECHECK | не зарезервировано | | | |
| RECOVERY | | не зарезервировано | не зарезервировано | |

| Ключевое слово | PostgreSQL | SQL:2011 | SQL:2008 | SQL-92 |
|---|---|---|---|---|
| RECURSIVE | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | |
| REF | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | |
| REFERENCES | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| REFERENCING | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | |
| REFRESH | не зарезервировано | | | |
| REGR_AVGX | | зарезервировано | зарезервировано | |
| REGR_AVGY | | зарезервировано | зарезервировано | |
| REGR_COUNT | | зарезервировано | зарезервировано | |
| REGR_INTERCEPT | | зарезервировано | зарезервировано | |
| REGR_R2 | | зарезервировано | зарезервировано | |
| REGR_SLOPE | | зарезервировано | зарезервировано | |
| REGR_SXX | | зарезервировано | зарезервировано | |
| REGR_SXY | | зарезервировано | зарезервировано | |
| REGR_SYY | | зарезервировано | зарезервировано | |
| REINDEX | не зарезервировано | | | |
| RELATIVE | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | зарезервировано |
| RELEASE | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | |
| RENAME | не зарезервировано | | | |
| REPEATABLE | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано |
| REPLACE | не зарезервировано | | | |
| REPLICA | не зарезервировано | | | |
| REQUIRING | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| RESET | не зарезервировано | | | |
| RESPECT | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| RESTART | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| RESTORE | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| RESTRICT | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | зарезервировано |
| RESULT | | зарезервировано | зарезервировано | |

| Ключевое слово | PostgreSQL | SQL:2011 | SQL:2008 | SQL-92 |
|---|---|---|---|---|
| RETURN | | зарезервировано | зарезервировано | |
| RETURNED_CARDINALITY | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| RETURNED_LENGTH | | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано |
| RETURNED_OCTET_LENGTH | | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано |
| RETURNED_SQLSTATE | | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано |
| RETURNING | зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| RETURNS | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | |
| REVOKE | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| RIGHT | зарезервировано ( допускается функция или тип) | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| ROLE | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| ROLLBACK | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| ROLLUP | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | |
| ROUTINE | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| ROUTINE_CATALOG | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| ROUTINE_NAME | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| ROUTINE_SCHEMA | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| ROW | не зарезервировано (не допускается функция или тип) | зарезервировано | зарезервировано | |
| ROWS | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| ROW_COUNT | | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано |
| ROW_NUMBER | | зарезервировано | зарезервировано | |
| RULE | не зарезервировано | | | |
| SAVEPOINT | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | |
| SCALE | | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано |

| Ключевое слово | PostgreSQL | SQL:2011 | SQL:2008 | SQL-92 |
|---|---|---|---|---|
| SCHEMA | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | зарезервировано |
| SCHEMAS | не зарезервировано | | | |
| SCHEMA_NAME | | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано |
| SCOPE | | зарезервировано | зарезервировано | |
| SCOPE_CATALOG | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| SCOPE_NAME | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| SCOPE_SCHEMA | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| SCROLL | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| SEARCH | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | |
| SECOND | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| SECTION | | не зарезервировано | не зарезервировано | зарезервировано |
| SECURITY | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| SELECT | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| SELECTIVE | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| SELF | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| SENSITIVE | | зарезервировано | зарезервировано | |
| SEQUENCE | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| SEQUENCES | не зарезервировано | | | |
| SERIALIZABLE | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано |
| SERVER | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| SERVER_NAME | | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано |
| SESSION | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | зарезервировано |
| SESSION_USER | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| SET | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| SETOF | не зарезервировано (не допускается функция или тип) | | | |

| Ключевое слово | PostgreSQL | SQL:2011 | SQL:2008 | SQL-92 |
|---|---|---|---|---|
| SETS | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| SHARE | не зарезервировано | | | |
| SHOW | не зарезервировано | | | |
| SIMILAR | зарезервировано ( допускается функция или тип) | зарезервировано | зарезервировано | |
| SIMPLE | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| SIZE | | не зарезервировано | не зарезервировано | зарезервировано |
| SKIP | не зарезервировано | | | |
| SMALLINT | не зарезервировано (не допускается функция или тип) | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| SNAPSHOT | не зарезервировано | | | |
| SOME | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| SOURCE | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| SPACE | | не зарезервировано | не зарезервировано | зарезервировано |
| SPECIFIC | | зарезервировано | зарезервировано | |
| SPECIFICTYPE | | зарезервировано | зарезервировано | |
| SPECIFIC_NAME | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| SQL | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| SQLCODE | | | | зарезервировано |
| SQLERROR | | | | зарезервировано |
| SQLEXCEPTION | | зарезервировано | зарезервировано | |
| SQLSTATE | | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| SQLWARNING | | зарезервировано | зарезервировано | |
| SQRT | | зарезервировано | зарезервировано | |
| STABLE | не зарезервировано | | | |
| STANDALONE | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| START | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | |
| STATE | | не зарезервировано | не зарезервировано | |

| Ключевое слово | PostgreSQL | SQL:2011 | SQL:2008 | SQL-92 |
|---|---|---|---|---|
| STATEMENT | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| STATIC | | зарезервировано | зарезервировано | |
| STATISTICS | не зарезервировано | | | |
| STDDEV_POP | | зарезервировано | зарезервировано | |
| STDDEV_SAMP | | зарезервировано | зарезервировано | |
| STDIN | не зарезервировано | | | |
| STDOUT | не зарезервировано | | | |
| STORAGE | не зарезервировано | | | |
| STRICT | не зарезервировано | | | |
| STRIP | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| STRUCTURE | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| STYLE | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| SUBCLASS_ORIGIN | | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано |
| SUBMULTISET | | зарезервировано | зарезервировано | |
| SUBSCRIPTION | не зарезервировано | | | |
| SUBSTRING | не зарезервировано (не допускается функция или тип) | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| SUBSTRING_REGEX | | зарезервировано | зарезервировано | |
| SUCCEEDS | | зарезервировано | | |
| SUM | | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| SYMMETRIC | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | |
| SYSID | не зарезервировано | | | |
| SYSTEM | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | |
| SYSTEM_TIME | | зарезервировано | | |
| SYSTEM_USER | | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| T | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| TABLE | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| TABLES | не зарезервировано | | | |

| Ключевое слово | PostgreSQL | SQL:2011 | SQL:2008 | SQL-92 |
|---|---|---|---|---|
| TABLESAMPLE | зарезервировано (допускается функция или тип) | зарезервировано | зарезервировано | |
| TABLESPACE | не зарезервировано | | | |
| TABLE_NAME | | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано |
| TEMP | не зарезервировано | | | |
| TEMPLATE | не зарезервировано | | | |
| TEMPORARY | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | зарезервировано |
| TEXT | не зарезервировано | | | |
| THEN | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| TIES | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| TIME | не зарезервировано (не допускается функция или тип) | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| TIMESTAMP | не зарезервировано (не допускается функция или тип) | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| TIMEZONE_HOUR | | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| TIMEZONE_MINUTE | | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| TO | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| TOKEN | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| TOP_LEVEL_ COUNT | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| TRAILING | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| TRANSACTION | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | зарезервировано |
| TRANSACTIONS_ COMMITTED | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| TRANSACTIONS_ ROLLED_BACK | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| TRANSACTION_ ACTIVE | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| TRANSFORM | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| TRANSFORMS | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| TRANSLATE | | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| TRANSLATE_REGEX | | зарезервировано | зарезервировано | |

| Ключевое слово | PostgreSQL | SQL:2011 | SQL:2008 | SQL-92 |
|---|---|---|---|---|
| TRANSLATION | | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| TREAT | не зарезервировано (не допускается функция или тип) | зарезервировано | зарезервировано | |
| TRIGGER | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | |
| TRIGGER_CATALOG | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| TRIGGER_NAME | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| TRIGGER_SCHEMA | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| TRIM | не зарезервировано (не допускается функция или тип) | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| TRIM_ARRAY | | зарезервировано | зарезервировано | |
| TRUE | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| TRUNCATE | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | |
| TRUSTED | не зарезервировано | | | |
| TYPE | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано |
| TYPES | не зарезервировано | | | |
| UESCAPE | | зарезервировано | зарезервировано | |
| UNBOUNDED | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| UNCOMMITTED | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано |
| UNDER | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| UNENCRYPTED | не зарезервировано | | | |
| UNION | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| UNIQUE | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| UNKNOWN | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| UNLINK | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| UNLISTEN | не зарезервировано | | | |
| UNLOGGED | не зарезервировано | | | |
| UNNAMED | | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано |

| Ключевое слово | PostgreSQL | SQL:2011 | SQL:2008 | SQL-92 |
|---|---|---|---|---|
| UNNEST | | зарезервировано | зарезервировано | |
| UNTIL | не зарезервировано | | | |
| UNTYPED | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| UPDATE | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| UPPER | | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| URI | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| USAGE | | не зарезервировано | не зарезервировано | зарезервировано |
| USER | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| USER_DEFINED_TYPE_CATALOG | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| USER_DEFINED_TYPE_CODE | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| USER_DEFINED_TYPE_NAME | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| USER_DEFINED_TYPE_SCHEMA | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| USING | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| VACUUM | не зарезервировано | | | |
| VALID | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| VALIDATE | не зарезервировано | | | |
| VALIDATOR | не зарезервировано | | | |
| VALUE | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| VALUES | не зарезервировано (не допускается функция или тип) | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| VALUE_OF | | зарезервировано | | |
| VARBINARY | | зарезервировано | зарезервировано | |
| VARCHAR | не зарезервировано (не допускается функция или тип) | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| VARIADIC | зарезервировано | | | |
| VARYING | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| VAR_POP | | зарезервировано | зарезервировано | |
| VAR_SAMP | | зарезервировано | зарезервировано | |

| Ключевое слово | PostgreSQL | SQL:2011 | SQL:2008 | SQL-92 |
|---|---|---|---|---|
| VERBOSE | зарезервировано (допускается функция или тип) | | | |
| VERSION | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| VERSIONING | | зарезервировано | | |
| VIEW | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | зарезервировано |
| VIEWS | не зарезервировано | | | |
| VOLATILE | не зарезервировано | | | |
| WHEN | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| WHENEVER | | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| WHERE | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| WHITESPACE | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| WIDTH_BUCKET | | зарезервировано | зарезервировано | |
| WINDOW | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | |
| WITH | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| WITHIN | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | |
| WITHOUT | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | |
| WORK | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | зарезервировано |
| WRAPPER | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| WRITE | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | зарезервировано |
| XML | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | |
| XMLAGG | | зарезервировано | зарезервировано | |
| XMLATTRIBUTES | не зарезервировано (не допускается функция или тип) | зарезервировано | зарезервировано | |
| XMLBINARY | | зарезервировано | зарезервировано | |
| XMLCAST | | зарезервировано | зарезервировано | |
| XMLCOMMENT | | зарезервировано | зарезервировано | |
| XMLCONCAT | не зарезервировано (не допускается функция или тип) | зарезервировано | зарезервировано | |
| XMLDECLARATION | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| XMLDOCUMENT | | зарезервировано | зарезервировано | |

| Ключевое слово | PostgreSQL | SQL:2011 | SQL:2008 | SQL-92 |
|---|---|---|---|---|
| XMLELEMENT | не зарезервировано (не допускается функция или тип) | зарезервировано | зарезервировано | |
| XMLEXISTS | не зарезервировано (не допускается функция или тип) | зарезервировано | зарезервировано | |
| XMLFOREST | не зарезервировано (не допускается функция или тип) | зарезервировано | зарезервировано | |
| XMLITERATE | | зарезервировано | зарезервировано | |
| XMLNAMESPACES | не зарезервировано (не допускается функция или тип) | зарезервировано | зарезервировано | |
| XMLPARSE | не зарезервировано (не допускается функция или тип) | зарезервировано | зарезервировано | |
| XMLPI | не зарезервировано (не допускается функция или тип) | зарезервировано | зарезервировано | |
| XMLQUERY | | зарезервировано | зарезервировано | |
| XMLROOT | не зарезервировано (не допускается функция или тип) | | | |
| XMLSCHEMA | | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| XMLSERIALIZE | не зарезервировано (не допускается функция или тип) | зарезервировано | зарезервировано | |
| XMLTABLE | не зарезервировано (не допускается функция или тип) | зарезервировано | зарезервировано | |
| XMLTEXT | | зарезервировано | зарезервировано | |
| XMLVALIDATE | | зарезервировано | зарезервировано | |
| YEAR | не зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано | зарезервировано |
| YES | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | |
| ZONE | не зарезервировано | не зарезервировано | не зарезервировано | зарезервировано |

# 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 версия стандарта вышла в 2011 г. Эта версия получила обозначение ISO/IEC 9075:2011, или просто SQL:2011. До этого были выпущены версии 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. Некоторые необязательные возможности группируются вместе, образуя «пакеты», о поддержке которых могут заявлять реализации SQL, таким образом, декларируя совместимость с определённой группой возможностей.

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)

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 и 10 в PostgreSQL в настоящее время не реализованы.

PostgreSQL поддерживает почти все основные возможности стандарта SQL:2011. Из 179 обязательных возможностей, которые требуются для полного соответствия «Основной» функциональности, PostgreSQL обеспечивает совместимость как минимум для 160. 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:2011.

В следующих двух разделах мы представляем список возможностей, которые поддерживает PostgreSQL, и список возможностей, определённых в SQL:2011, 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 | Пакет | Описание | Комментарий |
|---|---|---|---|
| B012 | | Встроенный C | |
| B021 | | Непосредственный SQL | |
| E011 | Ядро | Числовые типы данных | |
| E011-01 | Ядро | Типы данных INTEGER и SMALLINT | |
| E011-02 | Ядро | Типы данных REAL, DOUBLE PRECISION и FLOAT | |
| E011-03 | Ядро | Типы данных DECIMAL и NUMERIC | |
| E011-04 | Ядро | Арифметические операторы | |
| E011-05 | Ядро | Числовые сравнения | |
| E011-06 | Ядро | Неявные преобразования между числовыми типами данных | |
| E021 | Ядро | Символьные типы данных | |
| E021-01 | Ядро | Тип данных CHARACTER | |
| E021-02 | Ядро | Тип данных CHARACTER VARYING | |
| E021-03 | Ядро | Символьные строки | |

| Идентификатор | Пакет | Описание | Комментарий |
|---|---|---|---|
| E021-04 | Ядро | Функция CHARACTER_LENGTH | убирает завершающие пробелы из значений CHARACTER перед подсчётом символов |
| E021-05 | Ядро | Функция OCTET_LENGTH | |
| E021-06 | Ядро | Функция SUBSTRING | |
| E021-07 | Ядро | Конкатенация символьных строк | |
| E021-08 | Ядро | Функции UPPER и LOWER | |
| E021-09 | Ядро | Функция TRIM | |
| E021-10 | Ядро | Неявные преобразования между типами символьных строк | |
| E021-11 | Ядро | Функция POSITION | |
| E021-12 | Ядро | Сравнения символов | |
| E031 | Ядро | Идентификаторы | |
| E031-01 | Ядро | Идентификаторы с разделителями | |
| E031-02 | Ядро | Идентификаторы в нижнем регистре | |
| E031-03 | Ядро | Завершающее подчёркивание | |
| E051 | Ядро | Базовое определение запросов | |
| E051-01 | Ядро | SELECT DISTINCT | |
| E051-02 | Ядро | Предложение GROUP BY | |
| E051-04 | Ядро | GROUP BY может содержать столбцы не из <списка выборки> | |
| E051-05 | Ядро | Элементы списка выборки могут переименовываться | |
| E051-06 | Ядро | Предложение HAVING | |
| E051-07 | Ядро | Дополнение * в списке выборки | |
| E051-08 | Ядро | Корреляционные имена в предложении FROM | |
| E051-09 | Ядро | Переименование столбцов в предложении FROM | |
| E061 | Ядро | Базовые предикаты и условия поиска | |
| E061-01 | Ядро | Предикат сравнения | |

| Идентификатор | Пакет | Описание | Комментарий |
|---|---|---|---|
| E061-02 | Ядро | Предикат BETWEEN | |
| E061-03 | Ядро | Предикат IN со списком значений | |
| E061-04 | Ядро | Предикат LIKE | |
| E061-05 | Ядро | Предложение ESCAPE в предикате LIKE | |
| E061-06 | Ядро | Предикат NULL | |
| E061-07 | Ядро | Предикаты количественного сравнения | |
| E061-08 | Ядро | Предикат EXISTS | |
| E061-09 | Ядро | Подзапросы в предикате сравнения | |
| E061-11 | Ядро | Подзапросы в предикате IN | |
| E061-12 | Ядро | Подзапросы в предикате количественного сравнения | |
| E061-13 | Ядро | Коррелирующие подзапросы | |
| E061-14 | Ядро | Условие поиска | |
| E071 | Ядро | Простые выражения с запросами | |
| E071-01 | Ядро | Табличный оператор UNION DISTINCT | |
| E071-02 | Ядро | Табличный оператор UNION ALL | |
| E071-03 | Ядро | Табличный оператор EXCEPT DISTINCT | |
| E071-05 | Ядро | Столбцы, объединяемые табличными операторами, могут иметь разные типы данных | |
| E071-06 | Ядро | Табличные операторы в подзапросах | |
| E081 | Ядро | Основные права доступа | |
| E081-01 | Ядро | Право на SELECT | |
| E081-02 | Ядро | Право на DELETE | |
| E081-03 | Ядро | Право на INSERT на уровне таблицы | |
| E081-04 | Ядро | Право на UPDATE на уровне таблицы | |
| E081-05 | Ядро | Право на UPDATE на уровне столбцов | |
| E081-06 | Ядро | Право REFERENCES на уровне таблицы | |

| Идентификатор | Пакет | Описание | Комментарий |
|---|---|---|---|
| E081-07 | Ядро | Право REFERENCES на уровне столбцов | |
| E081-08 | Ядро | Предложение WITH GRANT OPTION | |
| E081-09 | Ядро | Право USAGE | |
| E081-10 | Ядро | Право на EXECUTE | |
| E091 | Ядро | Функции множеств | |
| E091-01 | Ядро | AVG | |
| E091-02 | Ядро | COUNT | |
| E091-03 | Ядро | MAX | |
| E091-04 | Ядро | MIN | |
| E091-05 | Ядро | SUM | |
| E091-06 | Ядро | Дополнение ALL | |
| E091-07 | Ядро | Дополнение DISTINCT | |
| E101 | Ядро | Базовая обработка данных | |
| E101-01 | Ядро | Оператор INSERT | |
| E101-03 | Ядро | Оператор UPDATE с критерием отбора | |
| E101-04 | Ядро | Оператор DELETE с критерием отбора | |
| E111 | Ядро | Оператор SELECT, возвращающий одну строку | |
| E121 | Ядро | Базовая поддержка курсоров | |
| E121-01 | Ядро | DECLARE CURSOR | |
| E121-02 | Ядро | Столбцы ORDER BY, отсутствующие в списке выборки | |
| E121-03 | Ядро | Выражения значений в предложении ORDER BY | |
| E121-04 | Ядро | Оператор OPEN | |
| E121-06 | Ядро | Оператор UPDATE с позиционированием | |
| E121-07 | Ядро | Оператор DELETE с позиционированием | |
| E121-08 | Ядро | Оператор CLOSE | |
| E121-10 | Ядро | Оператор FETCH с неявным NEXT | |
| E121-17 | Ядро | Курсоры WITH HOLD | |
| E131 | Ядро | Поддержка NULL ( NULL вместо значений) | |

| Идентификатор | Пакет | Описание | Комментарий |
|---|---|---|---|
| E141 | Ядро | Основные ограничения целостности | |
| E141-01 | Ядро | Ограничения NOT NULL | |
| E141-02 | Ядро | Ограничения UNIQUE столбцов NOT NULL | |
| E141-03 | Ядро | Ограничения PRIMARY KEY | |
| E141-04 | Ядро | Базовое ограничение FOREIGN KEY без действия (NO ACTION) по умолчанию и для операций удаления со ссылками, и для операций изменения со ссылками | |
| E141-06 | Ядро | Ограничения CHECK | |
| E141-07 | Ядро | Значения столбцов по умолчанию | |
| E141-08 | Ядро | NOT NULL распространяется на PRIMARY KEY | |
| E141-10 | Ядро | Имена во внешнем ключе могут указываться в любом порядке | |
| E151 | Ядро | Поддержка транзакций | |
| E151-01 | Ядро | Оператор COMMIT | |
| E151-02 | Ядро | Оператор ROLLBACK | |
| E152 | Ядро | Базовый оператор SET TRANSACTION | |
| E152-01 | Ядро | Оператор SET TRANSACTION: предложение ISOLATION LEVEL SERIALIZABLE | |
| E152-02 | Ядро | Оператор SET TRANSACTION: предложения READ ONLY и READ WRITE | |
| E153 | Ядро | Запросы, изменяющие данные, с подзапросами | |
| E161 | Ядро | Комментарии SQL, начинающиеся с двух минусов | |
| E171 | Ядро | Поддержка SQLSTATE | |
| F021 | Ядро | Основная информационная схема | |
| F021-01 | Ядро | Представление COLUMNS | |

| **Идентификатор** | **Пакет** | **Описание** | **Комментарий** |
|---|---|---|---|
| F021-02 | Ядро | Представление TABLES | |
| F021-03 | Ядро | Представление VIEWS | |
| F021-04 | Ядро | Представление TABLE_CONSTRAINTS | |
| F021-05 | Ядро | Представление REFERENTIAL_CONSTRAINTS | |
| F021-06 | Ядро | Представление CHECK_CONSTRAINTS | |
| F031 | Ядро | Базовые манипуляции со схемой | |
| F031-01 | Ядро | Оператор CREATE TABLE создаёт хранимые основные таблицы | |
| F031-02 | Ядро | Представление CREATE VIEW | |
| F031-03 | Ядро | Оператор GRANT | |
| F031-04 | Ядро | Оператор ALTER TABLE: предложение ADD COLUMN | |
| F031-13 | Ядро | Оператор DROP TABLE: предложение RESTRICT | |
| F031-16 | Ядро | Оператор DROP VIEW: предложение RESTRICT | |
| F031-19 | Ядро | 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 | |
| F034-02 | | Оператор REVOKE: предложение GRANT OPTION FOR | |
| F034-03 | | Оператор REVOKE отзывает право, данное субъекту с указанием WITH GRANT OPTION | |
| F041 | Ядро | Базовое соединение таблиц | |

| Идентификатор | Пакет | Описание | Комментарий |
|---|---|---|---|
| F041-01 | Ядро | Внутреннее соединение (но не обязательно с ключевым словом INNER) | |
| F041-02 | Ядро | Ключевое слово INNER | |
| F041-03 | Ядро | LEFT OUTER JOIN | |
| F041-04 | Ядро | RIGHT OUTER JOIN | |
| F041-05 | Ядро | Внешние соединения могут быть вложенными | |
| F041-07 | Ядро | Внутренняя таблица с левой или правой стороны внешнего соединения может также участвовать во внутреннем соединении | |
| F041-08 | Ядро | Поддерживаются все операторы сравнения ( а не только =) | |
| F051 | Ядро | Базовая поддержка даты и времени | |
| F051-01 | Ядро | Тип данных DATE (включая поддержку строк DATE) | |
| F051-02 | Ядро | Тип данных TIME (включая поддержку строк TIME) с точностью до секунд как минимум с 0 знаков после запятой | |
| F051-03 | Ядро | Тип данных TIMESTAMP (включая поддержку строк TIMESTAMP) с точностью до секунд как минимум с 0 и 6 знаками после запятой | |
| F051-04 | Ядро | Предикаты сравнения с типами данных DATE, TIME и TIMESTAMP | |
| F051-05 | Ядро | Явное приведение ( CAST) между типами даты/времени и типами символьных строк | |
| F051-06 | Ядро | CURRENT_DATE | |
| F051-07 | Ядро | LOCALTIME | |
| F051-08 | Ядро | LOCALTIMESTAMP | |
| F052 | Расширенные средства работы с датами/временем | Арифметика с интервалами и датами/временем | |

| Идентификатор | Пакет | Описание | Комментарий |
|---|---|---|---|
| F053 | | Предикат OVERLAPS | |
| F081 | Ядро | UNION и EXCEPT в представлениях | |
| F111 | | Уровни изоляции, отличные от SERIALIZABLE | |
| F111-01 | | Уровень изоляции READ UNCOMMITTED | |
| F111-02 | | Уровень изоляции READ COMMITTED | |
| F111-03 | | Уровень изоляции REPEATABLE READ | |
| F131 | Ядро | Операции группировки | |
| F131-01 | Ядро | Предложения WHERE, GROUP BY и HAVING, поддерживаемые в запросах со сгруппированными представлениями | |
| F131-02 | Ядро | Поддержка нескольких таблиц в запросах со сгруппированными представлениями | |
| F131-03 | Ядро | Поддержка функций множеств в запросах со сгруппированными представлениями | |
| F131-04 | Ядро | Подзапросы с предложениями GROUP BY и HAVING и сгруппированные представления | |
| F131-05 | Ядро | SELECT, возвращающий одну строку, с предложениями GROUP BY и HAVING и сгруппированными представлениями | |
| F171 | | Несколько схем для одного пользователя | |
| F191 | Расширенное управление целостностью | Действия при удалении со ссылками | |
| F200 | | Оператор TRUNCATE TABLE | |
| F201 | Ядро | Функция CAST | |
| F202 | | TRUNCATE TABLE: возможность перезапуска идентифицирующего столбца | |
| F221 | Ядро | Явные значения по умолчанию | |

| Идентификатор | Пакет | Описание | Комментарий |
|---|---|---|---|
| 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 | Ядро | Выражение CASE | |
| F261-01 | Ядро | Простой оператор CASE | |
| F261-02 | Ядро | Оператор CASE с условиями | |
| F261-03 | Ядро | NULLIF | |
| F261-04 | Ядро | COALESCE | |
| F262 | | Расширенные выражения CASE | |
| 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 | |
| F311-01 | Ядро | CREATE SCHEMA | |
| F311-02 | Ядро | CREATE TABLE для хранимых основных таблиц | |
| F311-03 | Ядро | CREATE VIEW | |
| F311-04 | Ядро | CREATE VIEW: WITH CHECK OPTION | |
| F311-05 | Ядро | Оператор GRANT | |
| F321 | | Авторизация пользователей | |
| F361 | | Поддержка подпрограмм | |
| F381 | | Расширенные манипуляции со схемой | |

| Идентификатор | Пакет | Описание | Комментарий |
|---|---|---|---|
| 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 | |
| F386 | | Предложение установления генерирования значений идентифицирующего столбца | |
| F391 | | Длинные идентификаторы | |
| F392 | | Спецсимволы Unicode в идентификаторах | |
| F393 | | Спецсимволы Unicode в текстовых строках | |
| F401 | | Расширенное соединение таблиц | |
| F401-01 | | NATURAL JOIN | |
| F401-02 | | FULL OUTER JOIN | |
| F401-04 | | CROSS JOIN | |
| F402 | | Соединения по именам столбцов для больших объектов, массивов и мультимножеств | |
| F411 | Расширенные средства работы с датами/временем | 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 | |

| **Идентификатор** | **Пакет** | **Описание** | **Комментарий** |
|---|---|---|---|
| F431-06 | | FETCH RELATIVE | |
| F441 | | Расширенная поддержка функций множеств | |
| F442 | | Смешанные ссылки на столбцы в функциях множеств | |
| F471 | Ядро | Скалярные значения подзапросов | |
| F481 | Ядро | Расширенный предикат NULL | |
| F491 | Расширенное управление целостностью | Управление ограничениями | |
| F501 | Ядро | Представления возможностей и совместимости | |
| F501-01 | Ядро | Представление SQL_FEATURES | |
| F501-02 | Ядро | Представление SQL_SIZING | |
| F501-03 | Ядро | Представление SQL_LANGUAGES | |
| F502 | | Таблицы расширенной документации | |
| F502-01 | | Представление SQL_SIZING_PROFILES | |
| F502-02 | | Представление SQL_IMPLEMENTATION_INFO | |
| F502-03 | | Представление SQL_PACKAGES | |
| F531 | | Временные таблицы | |
| F555 | Расширенные средства работы с датами/временем | 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 | |

| **Идентификатор** | **Пакет** | **Описание** | **Комментарий** |
|---|---|---|---|
| F672 | | Ограничения-проверки с текущим временем | |
| F690 | | Поддержка правил сортировки | но без поддержки наборов символов |
| F692 | | Расширенная поддержка правил сортировки | |
| F701 | Расширенное управление целостностью | Действия при обновлении со ссылками | |
| F711 | | ALTER для домена | |
| F731 | | Права на INSERT для столбцов | |
| 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 | |

| Идентификатор | Пакет | Описание | Комментарий |
|---|---|---|---|
| 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> | |
| S071 | Расширенная поддержка объектов | 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 | Расширенная поддержка объектов | 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 | |
| S211 | Расширенная поддержка объектов | Пользовательские функции приведений | |
| S301 | | Расширенный UNNEST | |
| T031 | | Тип данных BOOLEAN | |
| T071 | | Тип данных BIGINT | |

| Идентификатор | Пакет | Описание | Комментарий |
|---|---|---|---|
| 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 | Расширенное управление целостностью | Действие RESTRICT при нарушении ссылок | |
| T201 | Расширенное управление целостностью | Сравнимые типы данных для ссылочных ограничений | |
| T211-01 | Активная база данных, улучшенное управление целостностью | Триггеры, активируемые при UPDATE, INSERT или DELETE в одной базовой таблице | |
| T211-02 | Активная база данных, улучшенное управление целостностью | Триггеры BEFORE | |
| T211-03 | Активная база данных, улучшенное управление целостностью | Триггеры AFTER | |
| T211-04 | Активная база данных, улучшенное управление целостностью | Триггеры FOR EACH ROW | |
| T211-05 | Активная база данных, улучшенное управление целостностью | Возможность задать условие поиска, которое должно быть ис- | |

| Идентификатор | Пакет | Описание | Комментарий |
|---|---|---|---|
| | | тинным перед вызовом триггера | |
| T211-07 | Активная база данных, улучшенное управление целостностью | Право TRIGGER | |
| T212 | Расширенное управление целостностью | Расширенные возможности триггеров | |
| T213 | | Триггеры INSTEAD OF | |
| T231 | | Чувствительные курсоры | |
| T241 | | Оператор START TRANSACTION | |
| T271 | | Точки сохранения | |
| T281 | | Право SELECT на уровне столбцов | |
| T285 | | Улучшения имён производных столбцов | |
| T312 | | Функция OVERLAY | |
| T321-01 | Ядро | Пользовательские функции без перегрузки | |
| T321-03 | Ядро | Вызов функций | |
| T321-06 | Ядро | Представление ROUTINES | |
| T321-07 | Ядро | 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 | OLAP | Расширенные возможности группирования | |
| T432 | | Вложения и конкатенация GROUPING SETS | |
| T433 | | Функция GROUPING с несколькими аргументами | |
| T441 | | Функции ABS и MOD | |

| Идентификатор | Пакет | Описание | Комментарий |
|---|---|---|---|
| T461 | | Симметричный предикат BETWEEN | |
| T491 | | Производная таблица LATERAL | |
| T501 | | Улучшенный предикат EXISTS | |
| T551 | | Необязательные ключевые слова, подразумеваемые синтаксисом по умолчанию | |
| T581 | | Функция подстроки по регулярному выражению | |
| T591 | | Ограничения UNIQUE для столбцов, принимающих NULL | |
| T611 | OLAP | Элементарные операции OLAP | |
| T613 | | Получение выборки | |
| T614 | | Функция NTILE | |
| T615 | | Функции LEAD и LAG | |
| T617 | | Функции FIRST_VALUE и LAST_VALUE | |
| T621 | | Дополнительные численные функции | |
| T631 | Ядро | Предикат IN с одним элементом списка | |
| T651 | | Операторы модификации схемы SQL в SQL-подпрограммах | |
| T655 | | Циклически зависимые подпрограммы | |
| 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 | |

| Идентификатор | Пакет | Описание | Комментарий |
|---|---|---|---|
| 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 | |
| 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 | |

| Идентификатор | Пакет | Описание | Комментарий |
|---|---|---|---|
| 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 | |
| X222 | | Механизм передачи XML BY REF | |
| 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 |

| Идентификатор | Пакет | Описание | Комментарий |
|---|---|---|---|
| X400 | | Сопоставление имён и идентификаторов | |
| X410 | | Изменение типа данных столбца: поддержка типа XML | |

# D.2. Неподдерживаемые возможности

Следующие возможности, описанные в SQL:2011, не реализованы в этом выпуске PostgreSQL. В некоторых случаях они заменяются равнозначной функциональностью

| Идентификатор | Пакет | 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 | |

| Идентификатор | Пакет | Описание | Комментарий |
|---|---|---|---|
| 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 | |
| B211 | | Язык модулей — Ada: поддержка VARCHAR и NUMERIC | |
| B221 | | Язык подпрограмм — Ada: поддержка VARCHAR и NUMERIC | |
| E182 | Ядро | Язык модулей | |
| 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 | |
| F181 | Ядро | Поддержка множества модулей | |
| F263 | | Разделённые запятыми предикаты в простом выражении CASE | |
| F291 | | Предикат UNIQUE | |
| F301 | | CORRESPONDING в выражениях запросов | |
| F311 | Ядро | Оператор определения схемы | |

| Идентификатор | Пакет | Описание | Комментарий |
|---|---|---|---|
| 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 |
| F385 | | Предложение удаления выражения, генерирующего значения столбца | |
| F394 | | Необязательное указание нормальной формы | |
| F403 | | Секционированные соединённые таблицы | |
| F451 | | Определение набора символов | |
| F461 | | Именованные наборы символов | |
| F492 | | Необязательное указание соблюдения ограничения таблицы | |
| F521 | Расширенное управление целостностью | Утверждения | |
| F671 | Расширенное управление целостностью | Подзапросы в CHECK | намеренно опущено |
| 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 |
| F741 | | Типы ссылочных совпадений MATCH | пока без частичного совпадения |
| F812 | Ядро | Базовое флагирование | |
| F813 | | Расширенное флагирование | |
| F821 | | Ссылки на локальные таблицы | |
| F831 | | Полное изменение курсора | |

| Идентификатор | Пакет | Описание | Комментарий |
|---|---|---|---|
| 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 | |
| F867 | | Предложение FETCH FIRST: параметр WITH TIES | |
| S011 | Ядро | Отдельные типы данных | |
| S011-01 | Ядро | Представление USER_DEFINED_TYPES | |
| S023 | Базовая поддержка объектов | Базовые структурированные типы | |
| S024 | Расширенная поддержка объектов | Расширенные структурированные типы | |
| S025 | | Окончательные структурированные типы | |
| S026 | | Самоссылающиеся структурированные типы | |
| S027 | | Создание метода по заданному имени метода | |
| S028 | | Произвольный порядок параметров UDT | |
| S041 | Базовая поддержка объектов | Базовые ссылочные типы | |
| S043 | Расширенная поддержка объектов | Расширенные ссылочные типы | |
| S051 | Базовая поддержка объектов | Создание таблицы из типа | частично поддерживается |

| Идентификатор | Пакет | Описание | Комментарий |
|---|---|---|---|
| S081 | Расширенная поддержка объектов | Подтаблицы | |
| S091 | | Базовая поддержка массивов | частично поддерживается |
| S091-01 | | Массивы встроенных типов данных | |
| S091-02 | | Массивы отдельных типов | |
| S091-03 | | Выражения с массивами | |
| S094 | | Массивы ссылочных типов | |
| S097 | | Присвоение значения элементу массива | |
| S151 | Базовая поддержка объектов | Предикат типа | |
| S161 | Расширенная поддержка объектов | Приведение подтипов | |
| S162 | | Приведение подтипов для ссылочных типов | |
| S202 | | Вызываемые из SQL подпрограммы, работающие с мультимножествами | |
| S231 | Расширенная поддержка объектов | 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 | |

| Идентификатор | Пакет | Описание | Комментарий |
|---|---|---|---|
| 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 объектов | Базовая поддержка типа данных LOB | |
| T041-01 | Базовая поддержка объектов | Тип данных BLOB | |
| T041-02 | Базовая поддержка объектов | Тип данных CLOB | |
| T041-03 | Базовая поддержка объектов | Функции POSITION, LENGTH, LOWER, TRIM, UPPER и SUBSTRING для типов данных LOB | |
| T041-04 | Базовая поддержка объектов | Конкатенация типов данных LOB | |
| T041-05 | Базовая поддержка объектов | Указатель на LOB: неудерживаемый | |
| T042 | | Расширенная поддержка типа данных LOB | |
| T043 | | Множитель T | |
| T044 | | Множитель P | |
| T051 | | Типы кортежей | |
| T052 | | MAX и MIN для типов кортежей | |
| T053 | | Явные псевдонимы ссылки на все поля | |
| T061 | | Поддержка UCS | |
| T101 | | Улучшенное определение возможности NULL | |

| Идентификатор | Пакет | Описание | Комментарий |
|---|---|---|---|
| T111 | | Изменяемые соединения, объединения и столбцы | |
| T175 | | Генерируемые столбцы | |
| T176 | | Поддержка генераторов последовательностей | |
| T180 | | Системное версионирование таблиц | |
| T181 | | Таблицы с периодом времени прикладного уровня | |
| T211 | Активная база данных, улучшенное управление целостностью | Базовые возможности триггеров | |
| T211-06 | Активная база данных, улучшенное управление целостностью | Поддержка правил времени выполнения для взаимодействия триггеров и ограничений | |
| T211-08 | Активная база данных, улучшенное управление целостностью | Несколько триггеров для одного события вызываются в том порядке, в каком они были созданы в каталоге | намеренно опущено |
| T251 | | Оператор SET TRANSACTION: параметр LOCAL | |
| T261 | | Сцеплённые транзакции | |
| T272 | | Улучшенное управление точками сохранения | |
| T301 | | Функциональные зависимости | частично поддерживается |
| T321 | Ядро | Базовые вызываемые из SQL подпрограммы | |
| T321-02 | Ядро | Пользовательские хранимые процедуры без перегрузки | |
| T321-04 | Ядро | Оператор CALL | |
| T321-05 | Ядро | Оператор RETURN | |
| T322 | PSM | Объявляемые атрибуты типа данных | |
| T324 | | Явное управление безопасностью подпрограмм SQL | |
| T326 | | Табличные функции | |
| T332 | | Расширенные роли | в основном поддерживаются |

| Идентификатор | Пакет | Описание | Комментарий |
|---|---|---|---|
| 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 | |
| T521 | | Именованные аргументы в операторе CALL | |
| T522 | | Значения по умолчанию для входных параметров процедур, вызываемых из SQL | поддерживаются, за исключением ключевого слова DEFAULT при вызове |
| T561 | | Удерживаемые указатели | |
| T571 | | Внешние вызываемые из SQL функции, возвращающие массивы | |
| T572 | | Внешние вызываемые из SQL функции, возвращающие мультимножества | |
| T601 | | Ссылки на локальные курсоры | |
| T612 | | Расширенные операции OLAP | поддерживаются некоторые формы |
| T616 | | Варианты обработки NULL для функций LEAD и LAG | |
| T618 | | Функция NTH_VALUE | функция существует, но некоторые возможности отсутствуют |
| T619 | | Вложенные оконные функции | |
| T620 | | Предложение WINDOW: параметр GROUPS | |
| T641 | | Присвоение нескольким столбцам | поддерживаются только некоторые варианты синтаксиса |
| T652 | | Операторы динамического SQL в SQL-подпрограммах | |
| T653 | | Операторы модификации схемы SQL во внешних подпрограммах | |

| Идентификатор | Пакет | Описание | Комментарий |
|---|---|---|---|
| T654 | | Операторы динамического SQL во внешних подпрограммах | |
| 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 | |
| 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 | |

| Идентификатор | Пакет | Описание | Комментарий |
|---|---|---|---|
| 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 | |
| X077 | | XMLSerialize: явное указание ENCODING | |
| X078 | | XMLSerialize: явное объявление XML | |
| X080 | | Пространства имён при публикации XML | |

| Идентификатор | Пакет | Описание | Комментарий |
|---|---|---|---|
| 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 | |

| Идентификатор | Пакет | Описание | Комментарий |
|---|---|---|---|
| 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 | |
| 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) | |

| Идентификатор | Пакет | Описание | Комментарий |
|---|---|---|---|
| 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: инициа-лизация переменной XQuery | |
| X205 | | XMLQuery: указание EMPTY ON EMPTY | |
| X206 | | XMLQuery: указание NULL ON EMPTY | |
| X211 | | Поддержка XML 1.1 | |
| X221 | | Механизм передачи XML BY VALUE | |
| X231 | | Тип XML(CONTENT( UNTYPED)) | |
| X232 | | Тип XML(CONTENT( ANY)) | |
| X241 | | RETURNING CONTENT при публикации XML | |
| X242 | | RETURNING SEQUENCE при публи-кации 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( | |

| Идентификатор | Пакет | Описание | Комментарий |
|---|---|---|---|
| | | DOCUMENT( XMLSCHEMA)) | |
| X257 | | Хранимые значения XML типа XML( CONTENT( XMLSCHEMA)) | |
| X260 | | Тип XML: предложение ELEMENT | |
| X261 | | Тип XML: NAMESPACE без предложения ELEMENT | |
| 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 толь-

ко 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 доку-

ментации 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 булевским 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. В текущем выпуске требуется явное преобразование, если выражение столбца `xmltable` выдаёт логическое значение или число с плавающей точкой; см. Подраздел D.3.2.

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. Необходимость приведения столбцов `xmltable`, имеющих логический или числовой тип

Выражение столбца `xmltable`, результатом которого должно быть логическое или числовое значение XPath, будет выдавать ошибку «unexpected XPath object type» (неожиданный тип объекта XPath). Чтобы обойти эту ошибку, это выражение надо поместить внутрь вызова функции `string` языка XPath; в этом случае PostgreSQL сможет успешно присвоить строковое значение выходному столбцу SQL, имеющему логический или числовой тип с плавающей точкой.

#### D.3.2.2. Результат вычисления пути или выходной столбец SQL типа XML

В текущей версии выражение столбца `xmltable`, выдающее набор XML-узлов, может быть присвоено выходному SQL-столбцу типа XML. В этом случае результатом будет конкатенация следующих данных: для большинства типов узлов в наборе узлов берётся текстовый узел со *строковым значением* узла в определении XPath 1.0, но для узлов—элементов — копия этого узла. Такой набор узлов может быть присвоен SQL-столбцу, имеющему не XML-тип, только если этот набор содержит один узел. При этом строковое значение узлов большинства типов заменяется пустой строкой, строковое значение узла-элемента заменяется конкатенацией только его непосредственных потомков — текстовых узлов (другие потомки исключаются из рассмотрения), а строковое значение текстового узла или атрибута выдаётся согласно определению XPath 1.0. Строковое выражение XPath, присваиваемое выходному столбцу типа XML, должно проходить разбор XML.

При разработке кода не рекомендуется полагаться на описанное особое поведение: во-первых, оно не вполне соответствует стандарту, а во-вторых, в PostgreSQL 12 оно изменено.

#### D.3.2.3. 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);
```

В этом выпуске PostgreSQL принимает указание `BY REF` в конструкции `XMLEXISTS` или `XMLTABLE`, но игнорирует его. 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.3.2.4. 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.3.2.5. 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 10.11

**Дата выпуска:** 2019-11-14

В этот выпуск вошли различные исправления, внесённые после версии 10.10. За информацией о нововведениях версии 10 обратитесь к Разделу E.12.

### E.1.1. Миграция на версию 10.11

Если используется версия 10.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Однако если вы используете расширение `contrib/intarray` с индексом GiST и применяете оператор `<@` для поиска по индексу, примите к сведению соответствующее замечание в списке изменений.

Если вы обновляете сервер с более ранней версии, чем 10.6, см. также Раздел E.6.

### E.1.2. Изменения

- Устранение сбоя команды `ALTER TABLE SET` с нестандартным параметром отношения (Микаэль Пакье)
- Недопущение изменения типа столбца, унаследованного от нескольких таблиц, в случае, когда изменяются не все родительские таблицы (Том Лейн)

  Ранее это допускалось, что приводило к сбоям в запросах к потерявшим согласованность родительским таблицам.
- Исключение попыток заморозить в ходе `VACUUM` идентификатор старой мультитранзакции, включающей всё ещё выполняющуюся транзакцию (Натан Боссарт, Джереми Шнайдер)

  В подобной ситуации выполнение `VACUUM` прерывалась ошибкой, пока не завершалась старая транзакция.
- Исправление в планировщике проверки, возможна ли смена регистра для символа, выполняемой в `ILIKE` при использовании правил сортировки ICU (Том Лейн)

  В результате ошибки планировщик считал фиксированным префиксом слишком большую часть шаблона поиска `ILIKE`, вследствие чего при поиске по индексу могли не находиться записи, удовлетворяющие шаблону.
- Реализация должной обработки выражений смещения в предложениях `WINDOW` при манипуляциях с выражениями запросов (Эндрю Гирт)

В результате устранённого теперь упущения использование нетривиальных выражений в качестве смещений могло вызывать разнообразные ошибки. Например, в случае встраивания функции обращение к её параметрам в таком выражении могло производиться некорректно.

- Исправление обработки переменных-кортежей в выражениях `WITH CHECK OPTION` и выражениях политик защиты на уровне строк (Андрес Фройнд)

  Ранее с подобными конструкциями могли возникать ошибки с некорректными сообщениями о несовпадении типа табличной строки.

- Устранение сбоя главного процесса при попытке выделить для параллельного выполнения запроса фоновый исполнитель в момент отсутствия свободных слотов в массиве дочерних процессов (Том Лейн)
- Предотвращение двойного освобождения памяти в случае, когда триггер `BEFORE UPDATE` возвращает старый кортеж «как есть» и такой триггер не последний (Томас Мунро)
- Передача ожидаемого контекста ошибки в случае возникновения ошибки при изменении параметров GUC в ходе запуска параллельного исполнителя (Томас Мунро)
- Обеспечение установления в сериализуемом режиме предикатных блокировок на уровне строки в корректной версии строки (Томас Мунро, Хейкки Линнакангас)

  При изменении видимой строки по методу HOT блокировка могла устанавливаться в предыдущей и ставшей неактуальной версии, что приводило к нарушению гарантии сериализации.

- Осуществление вызова `fsync()` только для тех файлов, которые открываются для чтения/записи (Андрес Фройнд, Микаэль Пакье)

  В некоторых местах кода были попытки вызывать эту функцию и для файлов, открываемых только для чтения, но на некоторых платформах при этом возникают ошибки вида «bad file descriptor» (плохой дескриптор файла).

- Возможность успешного преобразования кодировки для более длинных строк, чем раньше (Альваро Эррера, Том Лейн)

  Ранее существовало жёсткое ограничение размера входной строки в 0.25 ГБ, но сейчас преобразование будет успешным, если результат преобразования умещается в 1 ГБ.

- Исключение ненужного поиска в каталоге при зачистке страницы кучи (Томас Мунро)

  Теперь в этом месте нет необходимости в проверке наличия нежурналируемых индексов, которая вызывала снижение производительности при определённой нагрузке. К тому же эта проверка теоретически могла быть причиной взаимоблокировок.

- Выбор по возможности более компактных хранилищ кортежей для оконных функций (Эндрю Гирт)

  В некоторых случаях в хранилище кортежей могли попадать все столбцы исходных таблиц, а не только те, что требуются для запроса.

- Возможность освобождения памяти функцией `repalloc()` при значительном уменьшении размера большого блока (Том Лейн)
- Обеспечение удаления временных файлов WAL и истории по завершении восстановления архива (Савада Масахико)
- Устранение ошибки, не позволяющей восстановить архив при включении параметра `recovery_min_apply_delay` (Масао Фудзии)

  Параметр `recovery_min_apply_delay` в такой конфигурации обычно не используется, тем не менее, он должен работать.

- Устранение ошибки при логической репликации, когда публикующий сервер и подписчик имеют разные представления о столбцах идентификации реплики (Жеан-Гийом де Рорте, Питер Эйзентраут)

Если на подписчике частью ключа идентификации реплики объявлялся столбец, вовсе отсутствующий на публикующем сервере, при репликации выдавались ошибки «negative bitmapset member not allowed» (отрицательный элемент в битовой карте не допускается).

- Недопущение нежелательной задержки при отключении процесса walsender, участвующего в логической репликации (Крейг Рингер, Альваро Эррера)
- Исправление обработки тайм-аута в процессах walreceiver, участвующих в логической репликации (Жюльен Руо)

  Ошибочная логика препятствовала использованию `wal_receiver_timeout` при логической репликации.
- Исправление передачи меток времени в сообщениях репликации для логического декодирования (Джефф Джейнс)

  В частности, в результате допущенной ошибки поле `pg_stat_subscription.last_msg_send_time` обычно содержало NULL.
- Исправление обработки подтранзакций при восстановлении снимка в процессе логического декодирования (Масахико Савада)

  Ликвидированная теперь ошибка проявлялась в сбоях проверочных утверждений; в обычных сборках её последствия неизвестны.
- Устранение условий гонки при завершении обслуживающего процесса, который до этого оказывался в состоянии ожидания синхронной репликации (Донмин Лю)
- Исправление поведения `ALTER SYSTEM` при дублировании переменных в `postgresql.auto.conf` (Иэн Барвик)

  Сама команда `ALTER SYSTEM` не может привести файл `postgresql.auto.conf` в такое состояние, но это могут сделать внешние программы. Теперь дублирующиеся назначения переменных будут удаляться, а новое значение (если оно назначается) будет добавляться в конце файла.
- Недопущение в конфигурационных файлах указаний включения каталогов с пустыми именами и более явное информирование о рекурсивном включении файлов (Иэн Барвик, Том Лейн)
- Ликвидация сообщений о брошенных соединениях при использовании аутентификации PAM (Том Лейн)

  Клиенты на базе libpq обычно делают две попытки подключения, когда требуется пароль, так как они спрашивают пароль только в случае неудачи при первой попытке. Поэтому на стороне сервера приняты меры, чтобы в журнал не добавлялись бесполезные сообщения о том, что клиент закрыл подключение при запросе пароля. Однако в коде проверки PAM об этом забыли, и сервер выдавал сообщения о фантомных ошибках при проверке подлинности.
- Исправление разбора входной строки `time with time zone`, содержащей неполную дату (Александр Лахин)

  В случае указания часового пояса, смещение которого от UTC меняется во времени, также должна указываться дата, чтобы это смещение можно было определить. В некоторых случаях, в зависимости от используемого синтаксиса, эта проверка могла не работать, и выдавались невразумительные результаты.
- Исправление некорректного поведения `bitshiftright()` (Том Лейн)

  Оператор сдвига битовой строки вправо не заполнял корректно нулями биты в последнем байте результата при длине битовой строки не кратной 8. Хотя эти биты не видны для большинства операций, их содержимое могло влиять на результат сравнения, так как при сравнении битовых строк дополнительные биты специально не обрабатываются (предполагается, что они всегда нулевые).

Если в ваших таблицах могли сохраниться некорректные данные в результате выполнения `bitshiftright()`, их можно исправить примерно так:

```
UPDATE mytab SET bitcol = ~(~bitcol) WHERE bitcol != ~(~bitcol);
```

- Устранение сбоя при выборе узла пространства имён в `XMLTABLE` (Чепмен Флэк)
- Исправление проверки целочисленного переполнения при умножении интервалов в особых случаях (Юя Ватари)
- Ликвидация утечек памяти в функциях `lower()`, `upper()` и `initcap()` при использовании правил сортировки ICU (Константин Книжник)
- Устранение сбоев при обработке некорректных данных аффиксов в словарях текстового поиска `ispell` (Артур Закиров)
- Исправление некорректной логики сжатия для списков идентификаторов GIN (Хейкки Линнакангас)

  Для одного элемента в списке идентификаторов может требоваться 7 байт, если расстояние между соседними идентификаторами проиндексированных кортежей превышает 16 ТБ. В одном месте логика обработки этого списка не учитывала это, и значение могло записываться в 6-байтный буфер. В принципе это могло приводить и к выходу за границы стека, но на большинстве архитектур следующий байт оказывался в блоке выравнивания, так что это не причиняло вреда. В любом случае вызвать эту ошибку было очень сложно.
- Исправление обработки значений infinity, NaN и NULL в KNN-GiST (Александр Коротков)

  Порядок результатов запроса мог быть некорректным (отличаться от порядка простой сортировки результатов), если для отличных от NULL значений столбцов получались расстояния infinity или NaN.
- Исправление поиска NULL в KNN-SP-GiST (Никита Глухов)
- Поддержка ещё одного варианта названия локали норвежского букмола «Norwegian (Bokmål)» в Windows (Том Лейн)
- Устранение ошибки компиляции клиентского кода ECPG, включающего заголовочный файл `ecpglib.h`, при определённом макросе `ENABLE_NLS` (Том Лейн)

  Этот дефект стал следствием некорректного размещения объявления функции `ecpg_gettext()` — она не должна быть видна в клиентском коде.
- Обновление внутренней информации о сервере в psql после неожиданной потери соединения и успешного переподключения (Петер Биллен, Том Лейн)

  Обычно в этом нет необходимости, так как информация о сервере будет той же, но в особых случаях подключение может устанавливаться к одному из нескольких серверов, и тогда это имеет смысл. В результате этого изменения psql теперь повторно выдаёт интерактивные сообщения, которые он раньше выдавал только при запуске, например, сообщает об использовании SSL.
- Ликвидация в коде psql обращения по нулевому указателю, которое наблюдалось на некоторых платформах (Квентин Рамо)
- Обеспечение ожидаемого порядка в выводе pg_dump одинаково названных триггеров и объектов политики защиты на уровне строк (Бенджи Гиллам)

  Ранее, если два триггера разных таблиц назывались одинаково, они сортировались по OID, тогда как предпочтительнее была бы сортировка по имени таблицы. То же наблюдалось и с политиками RLS.
- Восстановление совместимости pg_dump с серверами старее версии 8.3 (Том Лейн)

  После одного из предыдущих исправлений pg_dump всегда пытался обратиться к каталогу `pg_opfamily`, который появился только в версии 8.3.

- Реализация в pg_restore прочтения указания `-f -` как «выводить в stdout» (Альваро Эррера)

  Тем самым поведение pg_restore синхронизируется с поведением других приложений, и в частности, в версиях до 12 это теперь работает так же, как и в pg_restore в 12-ой версии, что упрощает создание скриптов выгрузки/восстановления, работающих с разными версиями PostgreSQL. До этого изменения программа pg_restore интерпретировала это указание как «выводить в файл с именем -», но такое поведение мало кому нужно.

- Улучшение в pg_upgrade проверок использования типа данных, представление которого изменилось, например `line` (Томаш Вондра)

  Предыдущая реализация работала некорректно, когда такой тип данных оказывался базовым для домена или составного типа.

- Выявление ошибок чтения файлов в процессе работы pg_basebackup (Дживан Чок)

- Устранение в pg_basebackup излишних вызовов fsync() для выходных файлов; выполнение этого вызова только в конце резервного копирования (Микаэль Пакье)

  Ранее в случае медленной синхронизации файлов были возможны сбои из-за тайм-аутов.

- Отключение тайм-аутов в pg_rewind при подключении к работающему кластеру, по подобию pg_dump (Александр Кукушкин)

- Исправление ошибки при работе pg_waldump с ключом `-s`, когда запись продолжения WAL заканчивается ровно на границе страницы (Андрей Лепихов)

- Включение в pg_waldump поля `newitemoff` в записи разделения страниц btree (Питер Гейган)

- Устранение ненужного перевода строк в выводе pg_waldump с ключом `--bkp-details` при описании WAL-записей, отражающих запись полных страниц (Андрес Фройнд)

- Устранение небольшой утечки памяти в pg_waldump (Андрес Фройнд)

- Улучшение поведения vacuumdb с большим значением `--jobs` в случае нехватки файловых дескрипторов (Michael Paquier)

- Игнорирование в `contrib/amcheck` нежурналируемых индексов при работе в режиме горячего резерва (Андрей Бородин, Питер Гейган)

  В этом контексте нежурналируемые индексы не обязательно должны быть в актуальном состоянии, поэтому проверять их не нужно.

- Исправление в `contrib/intarray` классов операторов GiST для корректной работы оператора `<@` с пустыми массивами (Том Лейн)

  Предложение вида *`столбец_массив <@ константный_массив`* считается индексируемым, но при поиске по индексу могут не находится пустые массивы, тогда как они тривиальным образом удовлетворяют этому условию.

  Единственным вариантом исправления, подходящим для переноса в старые версии, видится требование сканирования всего индекса для оператора `<@`, что и было реализовано. К сожалению, это означает, что такой поиск будет менее эффективен, чем простое последовательное сканирование.

  Для приложений, производительность которых значительно пострадает от этого изменения, можно предложить два выхода: переключиться на индексы GIN, в которых нет такого дефекта, или заменить конструкцию *`столбец_массив <@ константный_массив`* на *`столбец_массив <@ константный_массив`* `AND` *`столбец_массив && константный_массив`*. Таким образом будет получена примерно та же производительность, что и раньше, и будут найдены все непустые подмножества данного константного массива, чего и можно было ранее ожидать от изначального запроса.

- Исправление в configure проверки наличия libperl для совместимости с последними выпусками Red Hat (Том Лейн)

Ранее проверка могла не работать, когда пользователь устанавливал в `CFLAGS` значение `-O0`.

- Обеспечение корректной генерации кода циклических блокировок (spinlock) на PowerPC (Ной Миш)

  В предыдущей реализации таких блокировок компилятор мог выбрать нулевой регистр для использования в ассемблерной инструкции, которая этот регистр не принимает. Следствием этого были ошибки при сборке. Мы обнаружили глубоко в истории только одно сообщение о подобной ошибке, но вообще проблемы могли возникать у тех, кто собирал модифицированный код PostgreSQL или использовал нестандартные параметры компилятора.

- Ликвидация зависимости от функции компилятора xlc, `__fetch_and_add()` на PowerPC (Ной Миш)

  Компилятор xlc версии 13 и новее интерпретирует эту функцию не так, как мы рассчитываем, в результате чего сборка PostgreSQL оказывается нерабочей. Для исправления был написан специальный ассемблерный код.

- Отказ от использования ключа компилятора `-qsrcmsg` в AIX (Ной Миш)

  Таким образом удалось обойти внутреннюю ошибку компилятора xlc v16.1.0, и это повлияло лишь на формат выдаваемых компилятором сообщений об ошибках.

- Исправление процедуры сборки MSVC для корректной обработки пробелов в пути к OpenSSL (Эндрю Дунстан)

- Обновление данных часовых поясов до версии tzdata 2019c, включающее изменения правил перевода на летнее время на Фиджи и острове Норфолк, а также корректировку исторических данных для Альберты, Австрии, Бельгии, Британской Колумбии, Камбоджи, Гонконга, штата Индиана (графства Перри), Калининграда, штатов Кентукки и Мичиган, острова Норфолк, Южной Кореи и Турции.

# E.2. Выпуск 10.10

**Дата выпуска:** 2019-08-08

В этот выпуск вошли различные исправления, внесённые после версии 10.9. За информацией о нововведениях версии 10 обратитесь к Разделу E.12.

## E.2.1. Миграция на версию 10.10

Если используется версия 10.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Если вы обновляете сервер с более ранней версии, чем 10.6, см. также Раздел E.6.

## E.2.2. Изменения

- Требование указания схемы при приведении к временному типу с использованием синтаксиса вызова функции (Ной Миш)

  Мы давно требуем, чтобы вызов временных функций записывался с явным указанием временной схемы, примерно так: `pg_temp.`*`имя_функции`*`(`*`аргументы`*`)`. Теперь её необходимо указывать и в приведении к временным типам с использованием функциональной записи: `pg_temp.`*`имя_типа`*`(`*`аргумент`*`)`. В противном случае имеется возможность перехватить вызов функции, используя временный объект, что позволит повысить привилегии примерно тем же способом, который мы блокировали в CVE-2007-2138. (CVE-2019-10208)

- Устранение сбоя в `ALTER TABLE ... ALTER COLUMN TYPE` при изменении типов нескольких столбцов в одной команде (Том Лейн)

  Тем самым устранена регрессия, которая появилась в предыдущих корректирующих выпусках: индексы, построенные по модифицируемым столбцам, обрабатывались неправильно, что приводило к странным ошибкам в процессе `ALTER TABLE`.

- Корректировка зависимостей с целью недопущения удаления столбцов в ключе секционирования (Том Лейн)

  Команда `ALTER TABLE ... DROP COLUMN` не позволяет непосредственно удалить столбец, входящий в ключ разбиения. Однако при косвенном удалении (например, при каскадном удалении, начиная с типа данных этого столбца) необходимая проверка не выполнялась, что позволяло удалить ключевой столбец. В результате секционированная таблица приходила в негодность — обратиться к ней было нельзя и удалить её тоже.

  В результате этого исправления в `pg_depend` добавляются записи, гарантирующие, что при каскадном удалении ключевого столбца будет удалён не только он, но и вся секционированная таблица. Заметьте, что такие записи будут добавляться только при создании секционированной таблицы; то есть данное исправление не устраняет риск повреждения уже существующих секционированных таблиц. Однако проблема может возникнуть только со столбцами в ключе разбиения, которые имеют пользовательские типы данных, поэтому это не должно представлять угрозы для большинства пользователей.

- Сохранение в `GROUP BY` значимости столбцов таблицы-родителя в иерархии наследования (Дэвид Роули)

  Обычно когда в предложении `GROUP BY` фигурируют столбцы первичного ключа таблицы, все остальные группирующие столбцы можно считать незначащими, так как первых вполне достаточно для получения уникальных групп. Но такая оптимизация некорректна, если запрос также обращается к дочерним таблицам — уникальность в родительской таблице не распространяется на дочерние.

- Устранение ненужных этапов сортировки в некоторых запросах с предложением `GROUPING SETS` (Эндрю Гирт, Ричард Гуо)

- Устранение сбоя при обращении к переходным таблицам триггера в процессе перепроверок `EvalPlanQual` (Александр Акципетров)

  Триггеры, работающие с переходными таблицами, иногда могли ломаться при одновременном изменении таблиц.

- Исправление поведения внешних ключей, содержащих несколько столбцов, при перестроении ограничения внешнего ключа (Том Лейн)

  Команда `ALTER TABLE` могла неправильно определять, нужно ли перепроверять внешний ключ, если столбцы в ключе имели разные типы. По всей видимости проявлялось это всегда консервативным образом, то есть перепроверка производилась и тогда, когда это не требовалось.

- Отключение сбора расширенной статистики в деревьях наследования (Томаш Вондра)

  Это устраняет ошибку с сообщением «tuple already updated by self» (кортеж уже изменился сам) в процессе `ANALYZE`.

- Устранение неоправданных взаимоблокировок при повышении уровня блокировки кортежа (Алексей Клюкин)

  Когда две или более транзакций ждут, пока транзакция T1 освободит блокировку на уровне кортежа, а T1 при этом повышает уровень блокировки, по завершении T1 между этими ожидающими транзакциями может возникнуть неоправданная взаимоблокировка.

- Устранение проблемы при разрешении взаимоблокировок, в которых задействовано несколько параллельных исполнителей (Жуй Хай Цзян)

  Маловероятно, что эту ошибку можно было получить не синтетическими запросами, но в этом исключительном случае запросы, попавшие в ситуацию взаимоблокировки (в идеале разрешаемую автоматически), потребовалось бы отменить вручную.

- Исправление преобразования диапазонов дат с бесконечными границами `infinity` с приведением их к канонической форме (Лауренц Альбе)

Если граница диапазона — бесконечность, пытаться преобразовать открытый диапазон в закрытый и наоборот путём увеличения или уменьшения граничного значения нельзя. Поэтому в подобных случаях диапазон не должен изменяться.

- Ликвидирована потеря дробных цифр при приведении очень больших значений типа `money` к типу `numeric` (Том Лейн)
- Исправление ассемблерного кода циклических блокировок для процессоров MIPS, чтобы он корректно работал на MIPS r6 (ЮньЦян Су)
- Игнорирование символа перевода каретки (`\r`) при разборе файлов описаний служб в libpq (Том Лейн, Микаэль Пакье)

  В некоторых случаях такие файлы с переводами строк в стиле Windows могли разбираться неправильно, что проявлялось в ошибках при подключении.
- Исключение некорректных вариантов дополнения табуляцией, предлагаемых после `SET` *`переменная`* `=` в psql (Том Лейн)
- Устранение небольшой утечки памяти в psql при выполнении команды `\d` (Том Лейн)
- Исправление в pg_dump порядка вывода пользовательских классов операторов (Том Лейн)

  Если пользовательский класс операторов оказывался классом операторов подтипа для пользовательского диапазонного типа, связанные объекты выводились в неправильном порядке; в результате выгруженные данные нельзя было восстановить. (Нижележащая ошибка в обработке зависимости классов операторов могла проявляться и в других случаях, но зафиксирован только этот.)
- Устранение возможности зависания pgbench при использовании ключа `-R` (Фабьен Коэльо)
- Обеспечение в `contrib/passwordcheck` возможности сосуществования с другими пользователями функции `check_password_hook` (Микаэль Пакье)
- Исправление проверок `contrib/sepgsql` для поддержки последних версий SELinux (Майк Пальмиотто)
- Улучшение стабильности регрессионных тестов `src/test/recovery` (Микаэль Пакье)
- Уменьшение объёма вывода в stderr в тестировочном скрипте pg_upgrade (Том Лейн)
- Исправление TAP-тестов для совместимости с Perl из среды msys в случаях, когда каталог сборки находится не внутри точки монтирования корня msys (Ной Миш)
- Обеспечение поддержки сборки Postgres с использованием Microsoft Visual Studio 2019 (Харибабу Комми)
- При сборке проектов Visual Studio переменная окружения `WindowsSDKVersion` не должна игнорироваться, если она установлена (Пэйфэн Цю)

  Это исправление решает проблемы сборки в некоторых конфигурациях.
- Поддержка в проектах Visual Studio библиотеки OpenSSL версии 1.1.0 и выше (Хуан Хосе Сантамария Флеча, Микаэль Пакье)
- Возможность передачи параметров make нижележащей утилите gmake при вызове на верхнем уровне make не из комплекта GNU (Томас Мунро)
- Недопущение выбора вариантов `localtime` и `posixrules` в качестве значения `TimeZone` в процессе initdb (Том Лейн)

  В некоторых случаях программа initdb могла выбирать одно из таких имён несуществующих часовых поясов вместо имени «настоящего» часового пояса. Этим двум именам будет предпочитаться любое другое, представляющее часовой пояс на уровне C.
- Изменение представления `pg_timezone_names`: часовой пояс `Factory` будет отображаться, только если он имеет короткую аббревиатуру (Том Лейн)

В прошлом администрация IANA ввела этот искусственный пояс с «аббревиатурой» `Local time zone must be set--see zic manual page` (Должен быть задан местный часовой пояс -- см. страницу руководства zic). Современные версии базы данных tzdb содержат для него аббревиатуру `-00`, но на ряде платформ эта база модифицируется так, что из неё продолжают исходить подобные старинные написания. Поэтому решено показывать этот часовой пояс, только если его аббревиатура действительно кратка.

- Синхронизация нашей копии библиотеки timezone с выпущенной IANA версией 2019b (Том Лейн)

  В результате была добавлена поддержка нового ключа `-b slim` программы zic, что позволяет уменьшить размер устанавливаемых файлов часовых поясов. Эта возможность может пригодиться нам в будущем.

- Обновление данных часовых поясов до версии tzdata 2019b, включающее изменение правил перехода на летнее время в Бразилии, а также корректировку исторических данных для Гонконга, Италии и Палестины.

# E.3. Выпуск 10.9

**Дата выпуска:** 2019-06-20

В этот выпуск вошли различные исправления, внесённые после версии 10.8. За информацией о нововведениях версии 10 обратитесь к Разделу E.12.

## E.3.1. Миграция на версию 10.9

Если используется версия 10.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Если вы обновляете сервер с более ранней версии, чем 10.6, см. также Раздел E.6.

## E.3.2. Изменения

- Устранение возможности переполнения буфера при разборе верификатора SCRAM (Джонатан Кац, Хейкки Линнакангас, Микаэль Пакье)

  Любой прошедший проверку пользователь мог осуществить переполнение буфера в стеке, попытавшись сменить свой пароль на специально сконструированную строку. Помимо провоцирования сбоя PostgreSQL, этого могло быть достаточно для выполнения произвольного кода от имени пользователя ОС, запускающего PostgreSQL.

  Подобная возможность переполнения существовала в libpq, и эксплуатируя её, подставной сервер мог вызвать сбой клиентского приложения или, возможно, выполнить произвольный код от имени пользователя, запускавшего это приложение.

  Проект PostgreSQL благодарит Александра Лахина за сообщение об этой проблеме. (CVE-2019-10164)

- Устранение сбоя команды `ALTER TABLE ... ALTER COLUMN TYPE` при наличии в таблице частичного ограничения-исключения (Том Лейн)

- Ликвидация ошибки команды `COMMENT` при работе с комментариями ограничений доменов (Даниэль Густафссон, Микаэль Пакье)

- Предотвращение возможного повреждения памяти в случае повторения столбцов в списке ключей хеша при агрегировании по хешу (Эндрю Гирт)

- Исправление ошибочного построения планов с узлами MergeAppend (Том Лейн)

  Следствием этого дефекта могли быть сообщения об ошибках «could not find pathkey item to sort» (не удалось найти элемент ключа для сортировки).

- Исправление ошибочного вывода запросов с повторяющимися именами соединений (Филипп Дюбе)

  Результатом исправленного упущения могли быть ошибки при выгрузке/восстановлении представлений, образованных такими запросами.

- Исправление преобразования строковых значений JSON в выходные столбцы типа JSON в функциях `json_to_record()` и `json_populate_record()` (Том Лейн)

  В таких случаях должна выдаваться константа в виде отдельного значения JSON, но код работал неправильно, если строковое значение содержало символы, требующие экранирования.

- Исправление некорректной оптимизации квантификаторов `{1,1}` в регулярных выражениях (Том Лейн)

  Такие квантификаторы считались бесполезными и оптимизировались. Хотя в документации говорится, что они задают «жадное» поведение (или «нежадное» в случае «нежадной» вариации `{1,1}?`) для подвыражения, к которому они относятся, фактически они не действовали. Ошибка могла проявляться только с подвыражениями, содержащими группирующие скобки или обратные ссылки.

- Устранение возможности ошибок при инициализации данных `pg_stat_activity` для нового процесса (Том Лейн)

  Ранее были возможны сбои определённых операций, выполняемых внутри критической секции, например, преобразования строк, извлечённых из сертификата SSL, в кодировку базы данных. В подобных случаях могло произойти глобальное зависание базы данных из-за нарушения протокола обращения к общим данным `pg_stat_activity`.

- Устранение условий гонки при проверке, продолжает ли использоваться конфликтующим главным процессом ранее созданный сегмент общей памяти (Том Лейн)

- Исправление небезопасной реализации обработчика сигналов WAL-приёмника (Том Лейн)

  Таким образом полностью исключены маловероятные случаи, когда процесс приёмника WAL завершался аварийно или зависал, получив команду на выключение.

- Недопущение обращений к базам данных для проверки параметров в процессах, не подключённых к определённой базе данных (Вигнеш Си, Андрес Фройнд)

  Некорректные обращения могли вызывать ошибки вида «cannot read pg_class without having selected a database» (невозможно прочитать pg_class, не выбрав базу данных).

- Предупреждение возможного зависания в libpq при использовании SSL, когда объём данных в буфере очереди OpenSSL оказывается кратным 256 байтам (Дэвид Биндерман)

- Улучшение обработки в initdb нескольких равнозначных названий часового пояса системы (Том Лейн, Эндрю Гирт)

  Теперь initdb будет анализировать символическую ссылку `/etc/localtime`, если она существует, чтобы выбрать из всех равнозначных названий часового пояса системы наиболее подходящее. Таким образом при наличии нескольких названий часового пояса initdb скорее всего выберет именно то название, которое ожидает пользователь. Если же `/etc/localtime` не является символической ссылкой на файл данных часового пояса и часовой пояс не задан переменной окружения `TZ`, поведение initdb останется прежним.

  Кроме того, теперь `UTC` предпочитается другим названиям этого часового пояса, когда ни `TZ`, ни `/etc/localtime` не предлагают другой вариант. Тем самым устранено неудобство, возникшее после произошедшего в tzdata 2019a изменения, сделавшего названия часового пояса `UCT` и `UTC` равнозначными: initdb выбирал обозначение `UCT`, что не соответствовало ожиданиям пользователей.

- Исправление порядка команд `GRANT`, выдаваемых программами pg_dump и pg_dumpall для баз данных и табличных пространств (Натан Боссарт, Микаэль Пакье)

В случае каскадных назначений прав при восстановлении мог произойти сбой, так как команды GRANT выдавались не в том порядке, в котором должны были с учётом взаимозависимостей.

- Изменение варианта пересоздания секций в pg_dump — теперь будет выдаваться команда CREATE TABLE с последующей ATTACH PARTITION вместо использования указания PARTITION OF в команде создания таблицы (Альваро Эррера, Дэвид Роули)

  Таким образом устраняются проблемы, связанные с возможным изменением порядка столбцов в соответствии с родительской таблицей. Кроме того, секция теперь будет восстановлена из копии (в виде независимой таблицы), даже если её родительская таблица не восстановилась; при выполнении ATTACH произойдёт ошибка, но её можно просто игнорировать.
- Устранение дезориентирующих сообщений об ошибках в reindexdb (Жюльен Руо)
- Возвращение корректного состояния vacuumdb в случае ошибки при выполнении параллельных заданий (Жюльен Руо)
- Исправление contrib/auto_explain для недопущения ошибок с параллельными запросами (Том Лейн)

  Ранее параллельный исполнитель мог попытаться передать на анализ свой запрос, тогда как родительский запрос в auto_explain не обрабатывался. Иногда это могло работать, хотя само по себе это неправильно, а в некоторых случаях выдавались ошибки вида «could not find key N in shm TOC» (не удалось найти ключ N в оглавлении общей памяти).

  Также исправлена ошибка со сдвигом на один, в результате которой не обязательно отслеживались все запросы, даже при доле выборки, равной 1.0.
- В contrib/postgres_fdw теперь учитываются возможные модификации данных, производимые локальными триггерами BEFORE ROW UPDATE (Сёхей Мотидзуки)

  Если триггер изменял столбец, который не затрагивался командой UPDATE, новое значение не передавалось на удалённый сервер.
- Недопущение ошибки в Windows в случаях, когда для базы данных выбрана кодировка SQL_ASCII, а мы пытаемся вывести в журнал строку с не ASCII-символами (Ной Миш)

  В коде предполагалось, что такие строки всегда представлены в UTF-8, и если оказывалось, что это не так, происходила ошибка. Теперь же в журнал просто передаются непреобразованные байты.
- Обеспечение совместимости заголовочных файлов PL/pgSQL с C++ (Георгий Тарасов)

# E.4. Выпуск 10.8

**Дата выпуска:** 2019-05-09

В этот выпуск вошли различные исправления, внесённые после версии 10.7. За информацией о нововведениях версии 10 обратитесь к Разделу E.12.

## E.4.1. Миграция на версию 10.8

Если используется версия 10.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Если вы обновляете сервер с более ранней версии, чем 10.6, см. также Раздел E.6.

## E.4.2. Изменения

- Устранение возможности обойти политики безопасности на уровне строк (RLS), используя оценки избирательности (Дин Рашид)

  При вычислении оценок избирательности планировщик применяет пользовательские операторы к значениям, находящимся в pg_statistic (то есть к самым частым значениям). Таким образом, негерметичный оператор может раскрыть некоторые данные в столбце таблицы, да-

же если пользователь не имеет доступа к этому столбцу. В CVE-2017-7484 мы добавили ограничения для предотвращения этой утечки, но не учли особенности защиты на уровне строк. Пользователь, которому в SQL дано право чтения столбца, но политикой RLS запрещён доступ к некоторым строкам, тем не менее, мог получить некоторые сведения об их содержимом через негерметичный оператор. Это исправление усиливает ограничения, разрешая применение негерметичных операторов к статистическим данным только при отсутствии политики RLS. (CVE-2019-10130)

- Предупреждение повреждения каталога при создании в транзакции, состоящей из одного оператора, и временной таблицы с `ON COMMIT DROP`, и столбца идентификации (Питер Эйзентраут)

  Возможность повреждения здесь была не замечена ранее ввиду бессмысленности такой транзакции, так как временная таблица в ней должна удаляться сразу после создания.

- Предотвращение краха сервера при выполнении перепроверки EPQ для результирующего отношения запроса с секционированием (Амит Ланготе)

  Он происходил, когда использовался уровень изоляции `READ COMMITTED` и в другом сеансе параллельно изменялись какие-либо целевые строки.

- Исправление поведения `UPDATE` и `DELETE` при работе с деревом наследования или секционированной таблицей, допускающими исключение всех таблиц (Амит Ланготе, Том Лейн)

  Ранее в подобных условиях такие запросы не выдавали корректный набор выходных столбцов с предложением `RETURNING`. Помимо этого, в этих запросах также не срабатывали никакие триггеры уровня операторов.

- Устранение выдаваемых при наличии публикации `FOR ALL TABLES` некорректных ошибок при внесении изменений во временные и нежурналируемые таблицы (Питер Эйзентраут)

  Такие таблицы в контексте публикаций должны были полностью исключаться из рассмотрения, но исключались не везде.

- Исправление обработки явных элементов `DEFAULT` в команде `INSERT ... VALUES` с несколькими строками `VALUES`, целевым отношением для которой является обновляемое представление (Амит Ланготе, Дин Рашид)

  Когда в обновляемом представлении для столбца не задано значение по умолчанию, но оно задано в нижележащей таблице, команда `INSERT ... VALUES` с одной строкой вставит в столбец это значение по умолчанию. Однако при выполнении этой команды с несколькими строками вместо этого значения всегда вставлялся NULL. Теперь это исправлено, и такая команда выполняется так же, как и команда с одной строкой.

- Исправление `CREATE VIEW`, позволяющее создавать представления с нулём столбцов (Ашутош Шарма)

  Мы должны разрешить это для согласованности с возможностью создавать таблицы с нулём столбцов. Так как таблицу можно преобразовать в представление, ранее такое представление можно было получить даже при существовавшем ограничении, что приводило к сбоям при выгрузке/загрузке базы данных.

- Добавление поддержки `CREATE TABLE IF NOT EXISTS ... AS EXECUTE ...` (Андреас Карлссон)

  Сочетание предложений `IF NOT EXISTS` и `EXECUTE` должно поддерживаться, но в грамматике отсутствовало соответствующее правило.

- Использование прав корректного пользователя при выполнении вложенных `SELECT` в выражениях политик безопасности на уровне строк (Дин Рашид)

  Ранее при обращении через представление к таблице с политикой RLS такие проверки могли осуществляться от имени пользователя, выполняющего запрос к представлению, а не от имени владельца представления, как должно быть.

- Теперь при значении `xml` параметра `xmloption` XML-документы считаются допустимыми значениями типа `xml` согласно требованию, появившемуся в стандарте SQL:2006 (Чепмен Флэк)

  Ранее PostgreSQL следовал определению стандарта SQL:2003, в котором это не допускалось. Но это создавало серьёзную проблему при выгрузке/восстановлении данных: ни одно из значений `xmloption` не позволяло принять все допустимые XML-данные. В связи с этим решено перейти к определению 2006.

  Также модифицирована утилита pg_dump, чтобы при восстановлении данных выполнялась команда `SET xmloption = content`. Это гарантирует, что выгрузка/восстановление сработает, даже если в данных преобладает вариант `document`.

- Улучшение выполняемых при запуске сервера проверок на предмет использования ранее созданного сегмента общей памяти (Ной Миш)

  Теперь главный процесс (postmaster) будет более надёжно определять активные процессы, оставшиеся от предыдущего воплощения сервера, даже в случае удаления файла `postmaster.pid`.

- Исключение транзакций параллельных исполнителей из числа отдельных транзакций.

- Устранение несовместимости записей GIN-индекса в WAL (Александр Коротков)

  Исправление, вошедшее в февральский корректирующий выпуск, не учитывало все тонкости обратной совместимости. Ведущий сервер этого выпуска формировал в WAL такие записи об удалении страниц GIN, которые не мог корректно воспринять ведомый более старой версии.

- Устранение возможности сбоя при выполнении команды `SHOW` через соединение репликации (Микаэль Пакье)

- Устранение утечки памяти при пересоздании в кеше структур, связанных с секционированными отношениями (Амит Ланготе, Том Лейн)

- Допущение кодов ошибок `EINVAL` и `ENOSYS` в результатах функций `fsync` и `sync_file_range` там, где это приемлемо (Томас Мунро, Джеймс Сьюэлл)

  Предыдущее изменение, приводящее к панической остановке при ошибках файловой синхронизации, оказалось излишне параноидальным в ряде случаев, где сбой предсказуем и по сути означает «операция не поддерживается».

- Вывод в представлении `pg_stat_activity` правильного имени отношения при вычислении сводных данных BRIN в процессе автоочистки (Альваро Эррера)

- Устранение ошибок планировщика «failed to build any *N*-way joins» (не удалось построить никакие *N*-сторонние соединения) с подзапросами LATERAL снаружи полных внешних соединений (Том Лейн)

- Исправлено некорректное планирование запросов, в которых возвращающая множество функция применяется к заведомо пустому отношению (Том Лейн, Жюльен Руо)

  В 10 версии следствием этого упущения могли быть только чуть менее эффективные планы, тогда как в 11 могли выдаваться ошибки «set-valued function called in context that cannot accept a set» (функция, возвращающая множество, вызвана в контексте, где ему нет места).

- Проверка прав корректного пользователя при применении правил, позволяющих негерметичным операторам обращаться к данным `pg_statistic` (Дин Рашид)

  Когда пользователь обращается к нижележащей таблице через представление, решение о возможности применения негерметичных операторов к статистическим данным таблицы должно приниматься с учётом прав не этого пользователя, а владельца представления. Таким образом, правила планировщика по определению видимости данных приводятся в соответствие с правилами исполнителя, что позволит избежать неоправданно невыгодных планов.

- Ускорение планирования запросов со множеством условий равенства и множеством возможно связанных с ними ограничений внешнего ключа (Дэвид Роули)

- Оптимизация неэффективных операций сложности O(N^2) при отмене транзакции, создавшей множество таблиц (Томаш Вондра)
- Предупреждение краха сервера в особых случаях при выделении динамической общей памяти (Томас Мунро, Роберт Хаас)
- Устранение условий гонки при управлении динамической общей памятью (Томас Мунро)

  В этих условиях могли возникать ошибки «dsa_area could not attach to segment» (не удалось подключить dsa_area к сегменту) или «cannot unpin a segment that is not pinned» (нельзя открепить сегмент, который не закреплён).
- Устранение условий гонки, при которых сервер горячего резерва мог не отключиться, получив запрос на постепенное отключение (Том Лейн)
- Устранение возможности краха при получении в параметрах `pg_identify_object_as_address()` неправильных данных (Альваро Эррера)
- Ликвидация возможности ошибок «could not access status of transaction» (не удалось получить статус транзакции) в `txid_status()` (Томас Мунро)
- Улучшение правил проверки паролей, зашифрованных алгоритмами SCRAM-SHA-256 и MD5 (Джонатан С. Кац)

  Строка пароля с определёнными начальными символами могла по ошибке приниматься за строку, закодированную в формате SCRAM-SHA-256 или MD5. Такой пароль можно было установить, но нельзя было использовать.
- Исправление обработки значений `lc_time`, подразумевающих кодировку, отличающуюся от кодировки базы (Хуан Хосе Сантамария Флеча, Том Лейн)

  С локализованными названиями дней или месяцев, включающими не ASCII-символы, в таких локалях ранее выдавались неожиданные ошибки или некорректные строки.
- Исправление ошибочных проверок `operator_precedence_warning` с унарным оператором «минус» (Рикард Фалькеборн)
- Недопущение `NaN` в качестве значения серверных параметров, принимающих числа с плавающей точкой (Том Лейн)
- Реорганизация работы `REINDEX` для предотвращения сбоев проверочных утверждений при переиндексировании отдельных индексов `pg_class` (Андрес Фройнд, Том Лейн)
- Исправление проверочных утверждений в планировщике при обработке параметризованных фиктивных путей (Том Лейн)
- Добавление нужной функции проверки в результат, выдаваемый функцией `SnapBuildInitialSnapshot()` (Антонин Хоуска)

  Для кода ядра это не важно, но важно для некоторых расширений.
- Устранение периодических ошибок «could not reattach to shared memory» (не удалось переподключиться к общей памяти) при запуске сеансов в Windows (Ной Миш)

  Невыявленным ранее источником таких проблем было создание стеков потоков в пуле потоков по умолчанию. Теперь такие стеки размещаются в другой области памяти.
- Исправлена обработка ошибок при сканировании каталога в Windows (Константин Книжник)

  Такие ошибки, как отсутствие прав для чтения каталога, не обнаруживались и не выдавались корректно; вместо этого поведение кода было таким же, как и с пустым каталогом.
- Исправление грамматических дефектов в ecpg (Том Лейн)

  Из-за пропущенной точки с запятой конструкция `SET` *`переменная`* `= DEFAULT` (но не `SET` *`переменная`* `TO DEFAULT`) в программах ecpg обрабатывалась некорректно, и в результате получал-

ся синтаксически некорректный код, не воспринимаемый сервером. Кроме того, в командах `DROP TYPE` и `DROP DOMAIN`, в которых перечислялось несколько имён типов, фактически обрабатывалось только первое имя.

- Согласование синтаксиса `CREATE TABLE AS` в ecpg с принятым на стороне сервера (Дайсукэ Хигути)
- Ликвидация возможности переполнения буфера при обработке в ecpg имён включаемых файлов (Лю Хуайлин, Фей Ву)
- Недопущение краха в `contrib/postgres_fdw` при наличии в запросе, использующем удалённую группировку или агрегирование, элемента списка `SELECT`, не связанного с вложенным запросом, внешней ссылкой или символом параметра (Том Лейн)
- Предупреждение краха в `contrib/vacuumlo` при ошибке в `lo_unlink()` (Том Лейн)
- Синхронизация нашей копии библиотеки timezone с выпущенной IANA версией 2019a (Том Лейн)

  При этом устранён небольшой дефект в zic, в результате которого выдавались данные о некорректном переходе в 2440 г. для часового пояса `Africa/Casablanca`, и добавлена поддержка нового параметра zic `-r`.
- Обновление данных часовых поясов до версии tzdata 2019a, включающее изменение правил перехода на летнее время в Палестине и Метлакатле, а также корректировку исторических данных для Израиля.

  Часовой пояс `Etc/UCT` теперь является ссылкой на `Etc/UTC` (добавленной для обратной совместимости), а не отдельным поясом, генерирующем аббревиатуру `UCT`, которая теперь, как правило, просто опечатка. PostgreSQL по-прежнему принимает на вход такую аббревиатуру, но уже не выдаёт её.

# E.5. Выпуск 10.7

**Дата выпуска:** 2019-02-14

В этот выпуск вошли различные исправления, внесённые после версии 10.6. За информацией о нововведениях версии 10 обратитесь к Разделу E.12.

## E.5.1. Миграция на версию 10.7

Если используется версия 10.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Если вы обновляете сервер с более ранней версии, чем 10.6, см. также Раздел E.6.

## E.5.2. Изменения

- Во избежание повреждения данных вместо повторения вызова `fsync()` при ошибке теперь выполняется аварийный останов (Крейг Рингер, Томас Мунро)

  В ряде популярных операционных систем ядро сбрасывает буферы данных, не имея возможности сохранить их на диске, и выдаёт ошибку в `fsync()`. При этом повторный вызов `fsync()` будет успешным, но на самом деле данные уже потеряны, так что продолжение работы сервера чревато повреждением базы. В случае же аварийного останова мы можем воспроизвести данные из WAL, где в такой ситуации может остаться единственная копия данных. Хотя это, определённо, неэффективное и не очень красивое поведение, других вариантов нет, а подобные ситуации, к счастью, крайне редки.

  Для управления этим поведением был добавлен новый параметр сервера data_sync_retry; если вы уверены, что ядро вашей ОС не теряет незаписанные буферы данных при описанном сценарии, вы можете задать для `data_sync_retry` значение `on` и восстановить прежнее поведение.

- Отныне в документацию каждой версии включаются только замечания к выпускам, относящимся к данной основной версии, а не к выпускам данной и всех предшествующих версий, как было раньше (Том Лейн)

  Дублирование информации, присущее прежней схеме, вышло за допустимые рамки. Теперь мы не дублируем замечания к выпускам в каждой версии, но планируем поддерживать их полный архив на сайте нашего проекта.

- Обеспечение контроля ограничений `NOT NULL` в секциях секционированной таблицы (Альваро Эррера, Амит Ланготе)

- Использование безопасного уровня блокировки таблицы при отсоединении секции (Альваро Эррера)

  Ранее блокировка была недостаточно сильной и позволяла параллельно производить с таблицей DDL-операции, что могло привести к нежелательным результатам.

- Устранение проблем с применением `ON COMMIT DROP` и `ON COMMIT DELETE ROWS` к секционированным таблицам и таблицам с потомками в иерархии наследования (Микаэль Пакье)

- Недопущение выполнения `COPY FREEZE` с секционированными таблицами (Дэвид Роули)

  Принципиально данный режим должен поддерживаться, но реализация может потребовать слишком сложных изменений, переносить которые в ранние версии рискованно.

- Предупреждение возможных взаимоблокировок при попытке блокирования множества страниц в буфере (Нишант Фну)

- Предупреждение взаимоблокировки процесса очистки GIN с параллельными операциями добавления в индекс (Александр Коротков, Андрей Бородин, Питер Гейган)

  Вследствие этого изменения пришлось частично отказаться от оптимизации, добавленной в версии 10.0 с целью сократить число индексных страниц, блокируемых при удалении страницы списка идентификаторов GIN. Было обнаружено, что она приводит к взаимоблокировкам, так что мы отключили её на время разбирательства.

- Недопущение взаимоблокировки запросов на сервере горячего резерва с воспроизведением операций удаления страниц индекса GIN (Александр Коротков)

- Устранение возможности сбоев при логической репликации в случае использования индексов с выражениями или предикатами (Питер Эйзентраут)

- Исключение бесполезного и дорогостоящего логического декодирования данных TOAST при перезаписи таблицы (Томаш Вондра)

- Исправление логики остановки подмножества передатчиков WAL при включении синхронной репликации (Пол Гуо, Микаэль Пакье)

- Устранение возможности сохранения некорректного значения идентификатора реплики в записи WAL об удалении кортежа (Стас Кельвич)

- Предотвращение некорректного применения оптимизации с пропуском WAL во время выполнения `COPY` в представление или стороннюю таблицу (Амит Ланготе, Микаэль Пакье)

- Повышение приоритета файлов истории WAL по отношению к другим файлам данных WAL при выборе архиватором очередных файлов для архивации (Дэвид Стил)

- Устранение возможности сбоя в `UPDATE` с множественным `SET` и вложенным `SELECT` в качестве источника данных (Том Лейн)

- Устранение сбоя в случае, когда libxml2 возвращает null вместо сообщения об ошибке (Серхио Конде Гомес)

- Устранение ложных ошибок разбора, связанных с группировкой, которые были вызваны несогласованной обработкой присваиваний с правилами сортировки (Эндрю Гирт)

В некоторых случаях выражения, которые должны были считаться совместными, не считались таковыми, если они включали операции с типами данных, поддерживающими правила сортировки.

- Вместо презумпции герметичности функции сравнения, которую вызывают функции `LEAST()` или `GREATEST()`, реализована соответствующая проверка (Том Лейн)

  Собственно утечку информации из функций сравнения btree обычно сложно организовать, но в принципе это возможно.

- Исправление некорректного планирования запросов с вложенными циклами над и под узлом Gather в плане (Том Лейн)

  Если на обоих уровнях вложенного цикла требовалось передать одну и ту же переменную в правую сторону, мог быть построен некорректный план.

- Исправлено некорректное планирование запросов, в которых подзапрос LATERAL должен выполняться при сканировании сторонней таблицы (Том Лейн)

- Исправлена ошибка при оценке стоимости соединения слиянием, проявляющаяся в особом случае (Том Лейн)

  Планировщик мог предпочесть соединение слиянием, когда диапазон внешнего ключа был намного меньше диапазона внутреннего ключа, даже при наличии множества повторяющихся ключей с внутренней стороны, а это плохой выбор.

- Предотвращение увеличения времени планирования порядка O(N^2) с запросами, содержащими тысячи индексируемых выражений (Том Лейн)

- Улучшение обработки параллельно изменяемых строк в ходе `ANALYZE` (Джефф Джейнс, Том Лейн)

  Ранее строки, удаляемые текущими транзакциями, исключались из выборки операции `ANALYZE`, но обнаружилось, что это нарушает согласованность в большей степени, чем их включение. Теперь выборка по сути соответствует снимку MVCC на момент запуска `ANALYZE`.

- Операция `TRUNCATE` теперь игнорирует дочерние таблицы, являющиеся временными таблицами других сеансов (Амит Ланготе, Микаэль Пакье)

  Таким образом поведение `TRUNCATE` теперь соответствует поведению других команд. Ранее в таких случаях обычно происходил сбой.

- Исправление обновления счётчиков статистики в ходе `TRUNCATE` для нужной таблицы (Том Лейн)

  Если с опустошаемой таблицей была связана таблица TOAST, по ошибке сбрасывались счётчики последней.

- Корректная обработка `ALTER TABLE ONLY ADD COLUMN IF NOT EXISTS` (Грег Старк)

- Поддержка команды `UNLISTEN` в режиме горячего резерва (Шэй Роджански)

  Эта команда не должна ничего делать, так как `LISTEN` не допускается в режиме горячего резерва, но возможность выполнения этой пустой операции упрощает логику сброса состояния для клиентов.

- Исправление зависимостей ролей в списках прав для схем и типов данных (Том Лейн)

  В некоторых случаях имелась возможность удалить роль, которой были назначены права. Эта проблема не проявлялась сразу, но при выгрузке/восстановлении или обновлении могли возникнуть ошибки, в частности выражающиеся в неудачных попытках назначить права ролям с числовыми именами.

- Недопущение использования временной схемы сеанса в двухфазных транзакциях (Микаэль Пакье)

Обращение к временным таблицам в таких транзакциях было запрещено уже давно, однако оставалась возможность выполнять другие недопустимые операции с временными объектами.

- Обеспечение корректного сброса кеша отношений после добавления или удаления ограничений внешнего ключа (Альваро Эррера)

  В результате устранённого теперь упущения в существующих сеансах могло не действовать только что созданное ограничение или продолжало действовать удалённое.

- Обеспечение должного обновления кешей отношений после переименования ограничений (Амит Ланготе)
- Приложение дополнительных усилий для удаления потерянных временных таблиц в процессе автоочистки, а также при выполнении `DISCARD TEMP` (Альваро Эррера)

  В результате будут аккуратнее вычищаться следы деятельности прерванных сеансов.

- Исправление воспроизведения операций микроочистки индекса GiST, устраняющее возможность получения несогласованного состояния в параллельных запросах на серверах горячего резерва (Александр Коротков)
- Недопущение досрочной утилизации пустых страниц индекса GIN, чреватой ошибками при параллельном поиске по индексу (Андрей Бородин, Александр Коротков)
- Исправление проявляющихся в граничных случаях ошибок преобразования чисел с плавающей точкой в целые (Эндрю Гирт)

  Значения, ненамного превышающие максимально возможное целое, могли приниматься, а затем, в результате переполнения, превращаться в минимально возможное целое. Кроме того, могли ошибочно не допускаться значения, которые при округлении должны были преобразовываться в минимальное или максимальное допустимое целое.

- В запросе аутентификации PAM значение `PAM_RHOST` не должно задаваться для соединений, установленных через сокет Unix (Томас Мунро)

  Ранее эта переменная принимала значение `[local]`, которое как минимум было бесполезным, так как в ней ожидается имя узла.

- Недопущение в `client_min_messages` более высоких уровней, чем `ERROR` (Джона Харрис, Том Лейн)

  Ранее в этой переменной можно было установить уровень `FATAL` или `PANIC`, в результате чего подавлялась передача клиенту обычных сообщений об ошибках. Однако это противоречит гарантиям, заложенным в протоколе обмена данными PostgreSQL, и некоторые клиенты могут этого не понять. В уже выпущенных версиях исправление заключается в неявной подмене таких уровней значением `ERROR`, а начиная с версии 12, они просто не будут приниматься.

- Переход в ecpglib к использованию функции `uselocale()` или `_configthreadlocale()` вместо `setlocale()` (Михаэль Мескес, Том Лейн)

  Так как функция `setlocale()` не является внутрипотоковой и может быть даже непотокобезопасной, предыдущая реализация вызывала проблемы в многопоточных приложениях на базе ecpg.

- Исправление ошибочных результатов при получении числовых данных через область дескриптора SQLDA ecpg (Дайсукэ Хигути)

  Ранее значения с ведущими нулями копировались некорректно.

- Исправление метакоманды psql `\g` *`назначение`* для операции `COPY TO STDOUT` (Даниэль Верите)

  Ранее параметр *`назначение`* игнорировался, и копируемые данные всегда попадали в текущий поток вывода.

- Исправление обработки специальных символов для вывода psql в формате LaTeX (Том Лейн)

Ранее обратная косая черта и некоторые другие знаки препинания из ASCII выводились некорректно, следствием чего были ошибки синтаксиса в документе или отображение некорректных символов.

- Исправление обработки программой pg_dump материализованных представлений с неявными зависимостями от первичных ключей (Том Лейн)

  В результате этой ошибки могли неправильно помечаться записи таких представлений в архиве, что приводило к безобидным предупреждениям «archive items not in correct section order» (в последовательности элементов архива нарушен порядок разделов); и, что более значимо, могли некорректно работать варианты избирательного восстановления, например с указанием таких меток в `--section`.

- Устранение сбоя, имевшего место на некоторых платформах при обращении по нулевому указателю, когда pg_dump или pg_restore пытались вывести ошибку (Том Лейн)

- Игнорирование ошибок `SIGPIPE` в случаях, когда `COPY FROM PROGRAM` прекращает читать вывод программы досрочно (Том Лейн)

  Такие случаи невозможны на практике именно с `COPY`, но могут иметь место при использовании `contrib/file_fdw`.

- Исправление в `contrib/hstore` вычисления хеша для пустых значений `hstore`, созданных в версии 8.4 или более ранней (Эндрю Гирт)

  В предыдущей реализации хеш для этих значений вычислялся не так, как для пустых значений `hstore`, созданных более поздней версией, вследствие чего соединения или агрегирования по хешу могли выполняться неправильно. Поэтому имеет смысл переиндексировать все хеш-индексы, построенные по столбцам `hstore`, если таблицы могут содержать данные, которые были внесены ещё в версии 8.4 или раньше и с тех пор никогда не проходили через выгрузку/восстановление.

- Устранение сбоев и ускорение операций при обработке данных большого объёма операторами класса `gist__int_ops` модуля `contrib/intarray` (Эндрю Гирт)

- Установление в скрипте configure следующего порядка поиска `python`: собственно `python`, затем `python3`, и только потом `python2` (Питер Эйзентраут)

  Это позволяет конфигурировать PL/Python, не задавая явно переменную окружения `PYTHON` на тех платформах, где теперь отсутствует программа `python` без версии.

- Добавление поддержки новых переменных `PG_CFLAGS`, `PG_CXXFLAGS` и `PG_LDFLAGS` в Makefile для pgxs (Кристоф Берг)

  Это упрощает организацию нестандартных процессов сборки расширений.

- Исправление написанных на Perl скриптов сборки, чтобы они не полагались на присутствие элемента «.» в пути поиска, так как в последних версиях Perl он отсутствует (Эндрю Дунстан)

- Устранение проблем с разбором параметров командной строки в OpenBSD (Том Лейн)

- Перемещение вызова `set_rel_pathlist_hook`, чтобы расширения могли использовать его для передачи частичных путей при выполнении параллельных запросов (КайГай Кохэй)

  Ожидается, что это никак не повлияет на существующие сценарии использования.

- Переход в названиях функций поддержки red-black tree (красно-чёрного дерева) от префикса `rb` к `rbt` (Том Лейн)

  Это позволяет избежать конфликта имён с функциями Ruby, нарушающего работу PL/Ruby. Хочется надеяться, что в результате не пострадают другие расширения.

- Обновление данных часовых поясов до версии tzdata 2018i, включающее изменения правил перехода на летнее время в Казахстане, Метлакатле и на Сан-Томе и Принсипи. Часовой по-

яс Кызылорды в Казахстане разделился на два, при этом появился новый пояс Asia/Qostanay (Азия/Костанай), а в некоторых областях смещение UTC не изменилось. Также скорректированы исторические данные для Гонконга и многочисленных тихоокеанских островов.

# E.6. Выпуск 10.6

**Дата выпуска:** 2018-11-08

В этот выпуск вошли различные исправления, внесённые после версии 10.5. За информацией о нововведениях версии 10 обратитесь к Разделу E.12.

## E.6.1. Миграция на версию 10.6

Если используется версия 10.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Однако если вы используете расширение `pg_stat_statements`, прочитайте запись о нём в списке изменений.

Если вы обновляете сервер с более ранней версии, чем 10.4, см. также Раздел E.8.

## E.6.2. Изменения

- Корректное заключение в кавычки имён переходных таблиц в командах `CREATE TRIGGER ... REFERENCING`, которые выдаёт pg_dump (Том Лейн)

  Отсутствием кавычек мог воспользоваться непривилегированный пользователь с целью получения прав суперпользователя при последующем восстановлении выгруженных данных или выполнении pg_upgrade. (CVE-2018-16850)

- Устранение сбоев, которые могли возникать в особых случаях в семействе функций `has_`*`объект`*`_privilege()` (Том Лейн)

  Эти функции должны возвращать NULL, а не выдавать ошибку при получении неверного OID. Некоторые из этих функций делали это и прежде, но не все. Кроме того, в функции `has_column_privilege()` на некоторых платформах могли иметь место и другие сбои.

- Исправление функции `pg_get_partition_constraintdef()`, чтобы при получении неверного OID отношения не происходил сбой, а выдавался NULL (Том Лейн)

- Недопущение замедления порядка O(N^2) в функциях match/split с регулярными выражениями при обработке длинных строк (Эндрю Гирт)

- Исправление дефекта в обработке стандартных многосимвольных операторов, следующих непосредственно за комментарием или символами + и – (Эндрю Гирт)

  Следствием данного упущения могли быть ошибки при разборе или неправильное определение приоритета операторов.

- Недопущение замедления порядка O(N^3) при обработке лексическим анализатором длинных строк из символов + или – (Эндрю Гирт)

- Исправление некорректного выполнения подчинённых планов при сканировании внешнего запроса в обратном направлении (Эндрю Гирт)

- Исправление ошибочного поведения `UPDATE/DELETE ... WHERE CURRENT OF ...` после перемещения курсора (Том Лейн)

  Курсор, сканирующий несколько отношений (в частности, дерево наследования), мог работать неправильно, возвращаясь к предыдущему отношению.

- Исправление в функции `EvalPlanQual` обработки узлов InitPlan, которые выполняются по условию (Эндрю Гирт, Том Лейн)

Вследствие ошибки реализации могли возникать сложновоспроизводимые сбои или выдаваться неправильные результаты при одновременных запросах на изменение, содержащих изолированные вложенные `SELECT` в конструкции `CASE`.

- Недопущение создания секции в триггере, присоединённом к родительской таблице (Амит Ланготе)

  В идеале такое создание можно было бы разрешить, но в данный момент оно блокируется во избежание сбоев.

- Устранение проблем с применением `ON COMMIT DELETE ROWS` к секционированной временной таблице (Амит Ланготе)

- Исправление проверок классов символов для корректной поддержки в Windows символов Unicode выше U+FFFF (Том Лейн, Кэндзи Уно)

  Эта ошибка проявлялась в операциях полнотекстового поиска, а также в работе модулей `contrib/ltree` и `contrib/pg_trgm`.

- Недопущение передачи вложенных `SELECT` с оконными функциями, а также с указаниями `LIMIT` или `OFFSET`, параллельным исполнителям (Амит Капила)

  В таких случаях поведение могло быть несогласованным из-за того, что разные исполнители получали разные результаты вследствие вариативности в порядке строк.

- Смена владельца последовательности, принадлежащей сторонней таблице, при выполнении `ALTER OWNER` для этой таблицы (Питер Эйзентраут)

  Операция смены владельца должна распространяться и на такие последовательности, но раньше сторонние таблицы она не затрагивала.

- Обеспечение обработки сервером уже полученных прерываний `NOTIFY` и `SIGTERM` до начала ожидания данных от клиента (Джефф Джейнс, Том Лейн)

- Устранение ошибки, приводившей к выделению лишней памяти для строки результатов `array_out()` (Кэйити Хиробэ)

- Предотвращение утечки памяти на время выполнения запроса при работе с `XMLTABLE` (Эндрю Гирт)

- Ликвидация утечки памяти при сканировании индекса SP-GiST (Том Лейн)

  Сколько-нибудь значительное проявление этой утечки наблюдалось, только когда для ограничения-исключения, использующего SP-GiST, в индекс поступало много записей.

- Закрытие файла сопоставлений в `ApplyLogicalMappingFile()` после завершения его использования (Томаш Вондра)

  Ранее дескриптор файла терялся, что могло в итоге приводить к сбоям при логическом декодировании.

- Устранение ошибки логического декодирования в случаях, когда сопоставленная таблица каталога постоянно перезаписывается, например, в результате действия `VACUUM FULL` (Андрес Фройнд)

- Предотвращение запуска сервера со значением `wal_level`, недостаточно большим для поддержки существующего слота репликации (Андрес Фройнд)

- Предотвращение сбоя в случаях, когда служебная команда создаёт бесконечную рекурсию (Том Лейн)

- Устранение в процессе инициализации горячего резерва проблемы дублирующихся XID, которые образуются при выполнении двухфазных транзакций на ведущем сервере (Микаэль Пакье, Константин Книжник)

- Исправление поведения событийных триггеров при обработке вложенных команд `ALTER TABLE` (Микаэль Пакье, Альваро Эррера)
- Передача параллельным исполнителям времени начала оператора и транзакции от родительского процесса (Константин Книжник)

  Тем самым исправлено поведение таких функций, как `transaction_timestamp()`, выполняющихся в параллельном исполнителе.
- Обеспечение корректного выравнивания при передаче расширенных значений данных параллельным исполнителям, что позволяет избежать сбоев на платформах, требовательных к выравниванию (Том Лейн, Амит Капила)
- Исправление логики переработки файла WAL для правильного выполнения этой операции на ведомых серверах (Микаэль Пакье)

  В зависимости от значения параметра `archive_mode` ведомый сервер мог не удалить некоторые файлы WAL, подлежащие удалению.
- Исправление обработки времени фиксации транзакций в процессе восстановления (Масахико Савада, Микаэль Пакье)

  Если отслеживание времени фиксации не было включено постоянно, в процессе восстановления мог произойти сбой при попытке получить время фиксации транзакции, для которой оно не было записано.
- Использование случайной затравки для `random()` в initdb, а также в сервере, запускаемом в режиме начальной загрузки и в монопольном режиме (Ной Миш)

  Практическая польза этого изменения состоит прежде всего в разрешении проблемы, когда программа initdb не могла использовать общую память POSIX, считая её недоступной, из-за конфликтов имён, вызванных использованием одинаковой затравки.
- Предотвращение повреждения общей памяти в логике DSA (Томас Мунро)
- Возможность прерывания операции выделения памяти в DSM (Крис Трэверс)
- Предупреждение сбоя в параллельном исполнителе при загрузке расширения, пытающегося обратиться к системным кешам в своей функции инициализации (Томас Мунро)

  Мы не считаем это удачным приёмом программирования расширений, но до внедрения параллельных запросов это работало, а значит должно поддерживаться и теперь.
- Исправление поведения при динамическом включении параметра `full_page_writes` (Кётаро Хоригути)
- Недопущение возможного сбоя в результате двойного освобождения памяти при повторном сканировании SP-GiST (Эндрю Гирт)
- Предотвращение некорректной компоновки функций в src/port и src/common на платформах BSD, использующих формат ELF, а также в HP-UX и Solaris (Эндрю Гирт, Том Лейн)

  Разделяемые библиотеки, загружаемые в адресное пространство сервера, могли использовать серверные версии этих функций, а не собственные реализации, как должно быть. Так как в поведении этих двух наборов функций имеются различия, это приводило к проблемам.
- Предупреждение возможного переполнения буфера при воспроизведении операции распаковки страницы GIN из WAL (Александр Коротков, Шивасубраманьян Рамасубраманьян)
- Предотвращение переполнения метастраницы хеш-индекса в случаях, когда размер `BLCKSZ` меньше значения по умолчанию (Дилип Кумар)
- Добавление ранее упущенного пересчёта контрольной суммы страницы в хеш-индексах (Амит Капила)
- Выполнение операции fsync, ранее упущенной, для каталога слотов репликации (Константин Книжник, Микаэль Пакье)

- Устранение неожиданных тайм-аутов при использовании `wal_sender_timeout` на медленном сервере (Ной Миш)
- Исправление вычисления подходящей точки согласованности WAL в процессах горячего резерва (Александр Кукушкин, Микаэль Пакье)

  Выбор правильной точки позволяет предотвратить некорректное поведение сразу после того, как ведомый сервер достигает согласованного состояния базы при воспроизведении WAL.
- Корректная остановка фоновых рабочих процессов при получении главным процессом запроса на быстрое отключение до завершения запуска базы (Александр Кукушкин)
- Обновление карты свободного пространства при воспроизведении из WAL изменений флагов замороженных/полностью видимых страниц (Альваро Эррера)

  Ранее мы не заботились об этом, считая, что в карте свободного пространства в любом случае нет важной информации. Однако если она сильно устаревает, это может привести к значительному снижению производительности после повышения ведомого сервера до основного. Эта карта в конце концов будет исправлена в результате обновлений, но мы хотим иметь её в хорошем состоянии раньше, поэтому стоит приложить дополнительные усилия и поддерживать её актуальность при воспроизведении WAL.
- Предотвращение преждевременного освобождения ресурсов параллельных исполнителей по окончании запроса или при достижении предельного числа кортежей (Амит Капила)

  В этот момент завершение исполнителя допустимо, только если вызывающий процесс не может запросить обратное сканирование.
- Отказ от вызова обработчиков atexit при обработке `SIGQUIT` (Хейкки Линнакангас)
- Исключение сопоставлений пользователей для сторонних серверов из состава расширений (Том Лейн)

  При выполнении `CREATE USER MAPPING` в скрипте расширения для создаваемого сопоставления добавлялась зависимость, чего не должно быть. Сопоставления пользователей, как и роли, не могут быть членами расширений.
- Исправление поведения syslogger в случае ошибок при попытке открыть файлы CSV (Том Лейн)
- При передаче в libpq нескольких имён узлов они должны разрешаться в DNS не все сразу, а каждое в свою очередь (Том Лейн)

  Это предотвращает отказы, которых можно избежать, и замедления подключения после успешного соединения с одним из предыдущих серверов в списке.
- Исправление поведения libpq, чтобы тайм-ауты при подключении корректно применялись для отдельного имени или IP-адреса узла (Том Лейн)

  Ранее при некоторых условиях таймер при переключении на следующий узел не перезапускался, что могло приводить к преждевременному тайм-ауту.
- Исправление кода psql, а также примеров в документации, чтобы функция `PQconsumeInput()` вызывалась перед `PQnotifies()` (Том Лейн)

  Тем самым решена проблема, когда psql не выдавал полученное сообщение `NOTIFY` до следующей команды.
- Исправление в pg_dump обработки ключа `--no-publications`, чтобы с ним также игнорировались таблицы публикации (Жиль Даролд)
- Исключение из выгрузки pg_dump идентификационной последовательности при исключении её родительской таблицы (Дэвид Роули)
- Устранение возможной несогласованности при сортировке различных имён объектов в pg_dump (Джейкоб Чемпион)

- Исправление pg_restore, чтобы при выдаче команд DISABLE/ENABLE TRIGGER имя таблицы дополнялось схемой (Том Лейн)

  Это предотвращает сбои, возможные при новой политике выполнения восстановления с ограниченным путём поиска.

- В pg_upgrade исправлена обработка событийных триггеров в расширениях (Харибабу Комми)

  Ранее pg_upgrade не сохранял связь событийных триггеров с расширениями.

- Исправление проверки состояния кластера в pg_upgrade, чтобы она корректно выполнялась на ведомом сервере (Брюс Момджян)

- Ограничение числа размерностей в значениях cube во всех функциях contrib/cube (Андрей Бородин)

  Ранее в некоторых функциях, связанных с кубами, можно было создать такие значения, которые затем не принимала функция cube_in(), что вызывало ошибки при восстановлении выгруженных данных.

- В contrib/pg_stat_statements роли pg_read_all_stats запрещено выполнение pg_stat_statements_reset() (Харибабу Комми)

  Роли pg_read_all_stats должно позволяться только чтение статистики, но не её изменение, поэтому разрешение на выполнение этой функции ей было дано некорректно.

  Чтобы это изменение вступило в силу, выполните ALTER EXTENSION pg_stat_statements UPDATE в каждой базе данных, где установлено расширение pg_stat_statements.

- Недопущение передачи расширением contrib/postgres_fdw предложений ORDER BY, не содержащих переменных, на удалённый сервер (Эндрю Гирт)

- Исправление функции unaccent() в расширении contrib/unaccent, чтобы она использовала словарь текстового поиска unaccent, находящийся в той же схеме, где и сама функция (Том Лейн)

  Ранее она пыталась найти словарь по пути поиска, но могла не обнаружить его, если путь поиска был ограничен.

- Устранение проблем при сборке в macOS 10.14 (Mojave) (Том Лейн)

  Усовершенствование скрипта configure, чтобы в CPPFLAGS добавлялся ключ -isysroot; без этого PL/Perl и PL/Tcl нельзя сконфигурировать или собрать в macOS 10.14. Значение sysroot можно переопределить во время конфигурирования или сборки, установив переменную PG_SYSROOT в аргументах configure или make.

  Теперь рекомендуется, чтобы для связанных с Perl расширений во флагах компилятора указывалось $(perl_includespec), а не -I$(perl_archlibexp)/CORE. Второй вариант по-прежнему будет работать на большинстве платформ, но не в последних macOS.

  Также теперь не требуется указывать вручную ключ --with-tclconfig, чтобы собрать PL/Tcl в последних версиях macOS.

- Исправление скриптов сборки с MSVC и регрессионного тестирования для работы с последними версиями Perl (Эндрю Дунстан)

  Это изменение вызвано тем, что Perl теперь по умолчанию не включает текущий каталог в свой путь поиска.

- Реализована возможность запускать регрессионные тесты в Windows с учётной записью администратора (Эндрю Дунстан)

  Чтобы это было безопасно, pg_regress теперь лишает себя расширенных прав при запуске.

- Снятие запрета на возврат из функций сравнения btree значений INT_MIN (Том Лейн)

До настоящего времени мы не позволяли типозависимым функциям сравнения возвращать `INT_MIN`, благодаря чему вызывающий код мог сменить порядок сортировки, просто изменив знак результата сравнения. Однако это могло вызывать проблемы с функциями сравнения, возвращающими непосредственно результат `memcmp()`, `strcmp()` и подобных функций, так как POSIX не накладывает на него никаких ограничений. Как минимум некоторые последние версии `memcmp()` могут возвращать `INT_MIN`, что приводило к нарушению порядка сортировки. В связи с этим мы убрали это ограничение. Там же, где требуется поменять порядок сортировки на противоположный, теперь нужно использовать макрос `INVERT_COMPARE_RESULT()`.

- Устранение риска рекурсии при обработке сообщений об аннулировании общего кеша (Том Лейн)

  Эта ошибка могла привести, например, к сбою при обращении к системному каталогу или индексу, который был только что обработан командой `VACUUM FULL`.

  В результате этого изменения функция `LockAcquire` теперь может возвращать новый код результата, что теоретически может вызвать проблемы при использовании этой функции, хотя для этого схема её использования должна быть весьма необычной. Также был изменён API функции `LockAcquireExtended`.

- Сохранение и восстановление глобальных переменных SPI в `SPI_connect()` и `SPI_finish()` (Чепмен Флэк, Том Лейн)

  Это предотвращает накладки, возможные при вызове из одной функции, использующей SPI, другой такой функции.

- Предотвращение использования потенциально невыравненных буферов страниц (Том Лейн)

  Добавлены новые типы-объединения `PGAlignedBlock` и `PGAlignedXLogBlock`, которые должны использоваться вместо простых массивов char, чтобы компилятор гарантированно выравнивал адрес начала буфера. В результате устраняется риск аварийного сбоя на платформах, чувствительных к выравниванию, и может увеличиться быстродействие даже на тех платформах, где выравнивание не требуется.

- Приведение в `src/port/snprintf.c` значения результата `snprintf()` в соответствие со стандартом C99 (Том Лейн)

  На платформах, где этот код используется (в основном в Windows), его несовременное поведение (не соответствующие C99) могло препятствовать выявлению переполнения буфера, если вызывающий код рассчитывал на семантику C99.

- Требование обязательного использования `-msse2` при сборке компилятором clang для i386 (Андрес Фройнд)

  Тем самым решается проблема отсутствия проверок переполнения при операциях с плавающей точкой.

- Исправление в configure проверки, определяющей, результат какого типа возвращает `strerror_r()` (Том Лейн)

  Предыдущая реализация давала неправильный ответ при сборке с использованием компилятора icc в Linux (возможно, и в других случаях), в результате чего libpq не выдавала полезные сообщения при возникновении системных ошибок.

- Обновление данных часовых поясов до версии tzdata 2018g, включающее изменения правил перехода на летнее время в России (Волгограде), Чили, Марокко и на Фиджи, а также корректировку исторических данных для Китая, Гавайев, Японии, Макао и Северной Кореи.

# E.7. Выпуск 10.5

**Дата выпуска:** 2018-08-09

В этот выпуск вошли различные исправления, внесённые после версии 10.4. За информацией о нововведениях версии 10 обратитесь к Разделу E.12.

## E.7.1. Миграция на версию 10.5

Если используется версия 10.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Если вы обновляете сервер с более ранней версии, чем 10.4, см. также Раздел E.8.

## E.7.2. Изменения

- Осуществление полного сброса состояния libpq между попытками соединения (Том Лейн)

  Непривилегированный пользователь `dblink` или `postgres_fdw` мог обойти проверки, предназначенные для предотвращения использования учётных данных на стороне сервера, например, файла `~/.pgpass`, принадлежащего пользователю ОС, от имени которого работает сервер. В частности, уязвимость затрагивает серверы, принимающие локальные подключения с методом peer. Возможны были и другие атаки, например, SQL-инъекции в сеансе `postgres_fdw`. Для атаки на `postgres_fdw` через эту уязвимость пользователь должен был иметь возможность создавать объект стороннего сервера с нужными параметрами подключения, но атаку на `dblink` мог произвести любой пользователь, имеющий к нему доступ. Вообще любой пользователь, имеющий возможность менять параметры подключения для приложения на базе libpq, мог производить непредусмотренные действия, но другие эффективные сценарии эксплуатации этого сложно придумать. Мы благодарим Андрея Красичкова за сообщение о данном дефекте. (CVE-2018-10915)

- Исправление поведения `INSERT ... ON CONFLICT UPDATE` с более сложным представлением, чем просто `SELECT * FROM ...` (Дин Рашид, Амит Ланготе)

  Ошибочное развёртывание изменяемого представления могло приводить к сбоям или ошибкам «attribute ... has the wrong type» (атрибут ... имеет неверный тип), если список `SELECT` представления не соответствовал в точности списку столбцов нижележащей таблицы. Более того, развив атаку через эту уязвимость, злоумышленник мог изменять столбцы, не имея для них права `UPDATE`, но имея права `INSERT` и `UPDATE` для некоторых других столбцов в таблице. Любой пользователь также мог эксплуатировать её для раскрытия содержимого памяти сервера. (CVE-2018-10925)

- Обеспечение своевременного изменения полей `relfrozenxid` и `relminmxid` в «зафиксированных» системных каталогах (Андрес Фройнд)

  Из-за чрезмерно оптимистичного кеширования эти изменения могли оказаться невидимыми для других сеансов, что приводило к случайным ошибкам и/или разрушению данных. Для общих каталогов, таких как `pg_authid`, проблема была ещё острее, так как устаревшие кешированные данные могли попадать в новые сеансы и оставаться в существующих.

- Исправление поведения в ситуации, когда недавно повышенный сервер аварийно завершается до окончания обработки первой контрольной точки после восстановления (Микаэль Пакье, Кётаро Хоригути, Паван Деоласи, Альваро Эррера)

  В такой ситуации сервер не считал, что при последующем воспроизведении WAL было достигнуто согласованное состояние базы данных, и это препятствовало его перезапуску.

- Исключение выдачи фантомной записи WAL при переработке полностью нулевой страницы индекса btree (Амит Капила)

  Эта ошибка проявлялась в сбоях проверочных утверждений и могла приводить к неоправданным отменам запросов на серверах горячего резерва.

- При воспроизведении WAL добавлена защита от некорректной длины записи, превышающей 1 ГБ (Микаэль Пакье)

  Подобные данные должны считаться некорректными. Ранее код пытался выделить такой объём и получал критическую ошибку, что делало восстановление невозможным.

- При завершении восстановления запись в файл истории линии времени должна откладываться, насколько это возможно (Хейкки Линнакангас)

  Это позволяет избежать ситуаций с несогласованностью состояния линии времени на диске, возникавших при сбое в процессе очистки после восстановления (например, при проблеме с файлом двухфазного состояния).

- Увеличение скорости воспроизведения WAL для транзакций, удаляющих множество отношений (Фудзии Масао)

  В результате этого изменения уменьшается число сканирований общих буферов, поэтому эффект от данного изменения тем больше, чем больше значение shared_buffers.

- Увеличение скорости освобождения блокировки при воспроизведении WAL ведомым сервером (Томас Мунро)

- Обеспечение согласованной передачи состояния логической трансляции передатчиками WAL (Саймон Риггс, Савада Масахико)

  Ранее код не мог правильно определить, удалось ли нагнать вышестоящий сервер.

- Обеспечение наличия снимка при выполнении функций ввода типа данных в подписчиках логической репликации (Мин-Цюань Тран, Альваро Эррера)

  Отсутствие снимка в некоторых случаях приводило к сбоям, например, при вводе доменов с ограничениями, определяемыми функциями на языке SQL.

- Устранение дефектов в процедуре обработки снимков при логическом декодировании, приводивших к ошибкам декодирования в редких случаях (Арсений Шер, Альваро Эррера)

- Добавление обработки подтранзакций в рабочих процессах синхронизации таблиц при логической репликации (Амит Хандекар, Роберт Хаас)

  Ранее синхронизация таблицы могла выполняться некорректно в случае отката подтранзакций после модификации синхронизируемой таблицы.

- Обеспечение корректного сброса кешированного списка индексов таблицы после сбоя при создания индекса (Питер Гейган)

  Ранее в этом списке могли оставаться OID нерабочих индексов, что могло приводить к проблемам в том же сеансе.

- Исправление некорректной обработки пустых несжатых страниц списка идентификаторов в индексах GIN (Шивасубраманьян Рамасубраманьян, Александр Коротков)

  Это могло привести к сбою проверочного утверждения после выполнения pg_upgrade для индексов GIN версии до 9.4 (в 9.4 и последующих версиях такие страницы не создаются).

- Выравнивание массивов безымянных семафоров POSIX для уменьшения разделения линий кеша (Томас Мунро)

  Это снижает конкуренцию в многопроцессорных системах и устраняет падение производительности (наблюдаемое в сравнении с предыдущими выпусками) в Linux и FreeBSD.

- Обеспечение реакции на сигналы в процессе, производящем параллельное сканирование индекса (Амит Капила)

  Ранее параллельные исполнители могли «зависать», ожидая блокировки страницы индекса, и не замечать сигналы прерывания запроса.

- Обеспечение реакции на сигналы в процессе `VACUUM` в цикле удаления страниц B-дерева (Андрес Фройнд)

  С испорченными индексами btree цикл мог оказаться бесконечным, и прервать его можно было только аварийно отключив сервер.

- Исправление ошибки с оценкой стоимости соединения по хешу при оптимизации inner_unique (Дэвид Роули)

  Это могло приводить к выбору неудачного плана запроса, когда применялась эта оптимизация.

- Исправление некорректной оптимизации классов эквивалентности со столбцами составного типа (Том Лейн)

  Вследствие данной ошибки сервер не понимал, что индекс по составному столбцу может обеспечить порядок сортировки, необходимый для соединения слиянием с данным столбцом.

- Исправление планировщика с целью устранения ошибок «ORDER/GROUP BY expression not found in targetlist» (выражение ORDER/GROUP BY не найдено в целевом списке) при выполнении некоторых запросов с функциями, возвращающими множества (Том Лейн)

- Исправление обработки ключей секционирования с типами данных, которые используют полиморфный класс операторов btree; например, это касается массивов (Амит Ланготе, Альваро Эррера)

- Исправление синтаксиса конструкции SQL-стандарта `FETCH FIRST`, чтобы она принимала (`$n`), как того требует стандарт (Эндрю Гирт)

- Удаление недокументированного ограничения, не допускающего дублирования столбцов в ключах разбиения (Юго Нагата)

- Недопущение использования временных таблиц в качестве секций не временных, а обычных таблиц (Амит Ланготе, Микаэль Пакье)

  Ранее такое использование разрешалось, но работало ненадёжно.

- Исправление в `EXPLAIN` учёта использования ресурсов, в частности, обращений к буферам (Амит Капила, Томас Мунро)

- Исправление поведения `SHOW ALL`, чтобы эта команда показывала все параметры членам роли `pg_read_all_settings` и позволяла этим пользователям видеть имя файла и номер строки в представлении `pg_settings` (Лоренц Альбе, Альваро Эррера)

- Корректное добавление схемы к именам ряда объектов в выводе `getObjectDescription` и `getObjectIdentity` (Кётаро Хоригути, Том Лейн)

  Имена правил сортировки, преобразований, объектов текстового поиска, отношений публикаций и объектов расширенной статистики не дополнялись схемой, тогда как должны были.

- Исправление проверки типа `CREATE AGGREGATE` с тем, чтобы к агрегатам с переменными аргументами можно было присоединять функции поддержки распараллеливания (Алексей Баштанов)

- Расширение счётчика строк в команде `COPY FROM` с 32 до 64 бит (Дэвид Роули)

  Тем самым были решены две проблемы с входными данными, содержащими более 4G строк: `COPY FROM WITH HEADER` терял одну строку на каждые 4G строк (не только первую), а в сообщениях об ошибках выводилось неверное количество строк.

- Восстановление возможности удаления слотов репликации в однопользовательском режиме (Альваро Эррера)

  Она была непреднамеренно утрачена в выпуске 10.0.

- Исправление некорректных результатов функции `variance(int4)` и связанных агрегатов при работе в параллельном режиме агрегирования (Дэвид Роули)

- Внесение корректив в обработку узлов `TEXT` и `CDATA` в выражениях столбцов `xmltable()` (Маркус Винанд)

- Защита от возможной ошибки в функции OpenSSL `RAND_bytes()` (Дин Рашид, Микаэль Пакье)

При редких обстоятельствах это упущение могло приводить к отказам с сообщением «could not generate random cancel key» (не удалось сгенерировать случайный ключ отмены), устранить которые можно было, только перезапустив главный процесс.

- Исправление поведения libpq в некоторых случаях, когда задаётся `hostaddr` (Хари Бабу, Том Лейн, Роберт Хаас)

  Функция `PQhost()` в некоторых случаях выдавала некорректные или вводящие в заблуждение результаты. Теперь она единообразно возвращает имя узла (если оно указано), или адрес узла (если указан только он), или имя узла по умолчанию (обычно `/tmp` либо `localhost`, если опущены оба параметра).

  Также при проверке сертификата SSL с именем сервера могло сравниваться неправильное значение.

  Кроме того, поле с именем узла в `~/.pgpass` могло сравниваться с неправильным значением. Теперь это поле сравнивается с именем сервера (если оно указано), либо с его адресом (если указан только он), либо с `localhost` (если опущены оба параметра).

  Помимо этого, когда значение `hostaddr` нельзя было разобрать, выдавалось неправильное сообщение об ошибке.

  А когда параметры `host`, `hostaddr` или `port` содержат списки через запятую, libpq теперь аккуратнее обрабатывает пустые элементы списков (воспринимая их как значения по умолчанию).

- Добавление в библиотеку ecpg `pgtypes` функции освобождения строк для исключения проблем с управлением памятью в разных модулях (Такаюки Цунакава)

  В Windows могут происходить сбои, если вызов `free` для некоторого блока памяти производится не из той DLL, которая выделила память (с помощью `malloc`). Библиотека `pgtypes` иногда возвращает строки, которые должен освободить вызывающий код, и сделать это корректно оказывается невозможно. Добавленная функция `PGTYPESchar_free()` является просто обёрткой `free`, позволяющей приложениям произвести освобождение по правилам.

- Исправление поддержки в ecpg переменных `long long` в Windows, а также на других платформах, где `strtoll`/`strtoull` объявлены нестандартно или не объявлены вовсе (Хыонг Дангминь, Том Лейн)

- Исправление ошибки с определением типа SQL-оператора в PL/pgSQL, когда изменение правила приводило к изменению семантики оператора в рамках сеанса (Том Лейн)

  Эта ошибка приводила к сбоям проверочных утверждений или, в редких случаях, к тому, что указание `INTO STRICT` не работало должным образом.

- Исправление запроса пароля в клиентских программах, чтобы отображение корректно отключалось в Windows, когда `stdin` — не терминал (Мэтью Стикни)

- Доработка исправления некорректного заключения в кавычки значений для переменных GUC со списками при формировании дампа (Том Лейн)

  Предыдущее исправление для заключения в кавычки значения `search_path` и других переменных со списками в выводе pg_dump, как оказалось, привело к ошибкам со списками с пустыми элементами и риску потери части длинных файловых путей.

- В pg_dump устранено упущение, когда свойства `REPLICA IDENTITY` для индексов ограничений не выгружались (Том Лейн)

  Уникальные индексы, созданные вручную, помечались корректно, а индексы, созданные ограничениями `UNIQUE` или `PRIMARY KEY` — нет.

- В pg_upgrade теперь правильно проверяется, что старый сервер был выключен штатно (Брюс Момджян)

Ранее проверка могла сработать некорректно при выключении сервера в незамедлительном режиме.

- Исправление в `contrib/hstore_plperl` просмотра скалярных ссылок Perl и предотвращение сбоя в случае, если не удаётся найти хеш-ссылку там, где она ожидается (Том Лейн)
- Устранение сбоя в функции модуля `contrib/ltree` при получении на вход пустого массива (Пьер Дюкроке)
- Исправление обработки ошибок в ряде мест, где мог выдаваться некорректный код ошибки (Микаэль Пакье, Том Лейн, Магнус Хагандер)
- Переоформление скриптов Makefile для обеспечения компоновки программ с собранными в том же дереве библиотеками (например, `libpq.so`), а не с теми, что могут уже находиться в системных каталогах библиотек (Том Лейн)

  Это позволяет избежать проблем при сборке на платформах, где представлены старые версии библиотек PostgreSQL.
- Обновление данных часовых поясов до версии tzdata 2018e, включающее изменение правил перехода на летнее время в Северной Корее, а также корректировку исторических данных для Чехословакии.

  В это обновление вошло переопределение «летнего времени», которое действует в Ирландии, а также действовало в прошлом в Намибии и в Чехословакии. В этих юрисдикциях стандартное время действует летом, а время для экономии света — зимой, поэтому при переходе на это время сдвиг производится на час назад, а не на час вперёд. Это не влияет ни на фактическое смещение от UTC, ни на используемое сокращение часового пояса; эта особенность проявляется лишь в том, что в таких случаях столбец `is_dst` в представлении `pg_timezone_names` будет содержать true для зимнего периода, и false для летнего.

# E.8. Выпуск 10.4

**Дата выпуска:** 2018-05-10

В этот выпуск вошли различные исправления, внесённые после версии 10.3. За информацией о нововведениях версии 10 обратитесь к Разделу E.12.

## E.8.1. Миграция на версию 10.4

Если используется версия 10.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Однако если вы используете расширение `adminpack`, его нужно обновить, следуя указаниям в первой записи в списке изменений.

Кроме того, если вас касаются ошибки с пометкой функций, описанные во второй и третьей записи ниже, потребуются дополнительные действия для исправления каталогов баз данных.

Если вы обновляете сервер с более ранней версии, чем 10.3, см. также Раздел E.9.

## E.8.2. Изменения

- Лишение роли public права на выполнение функции `pg_logfile_rotate()` из `contrib/adminpack` (Стивен Фрост)

  Функция `pg_logfile_rotate()` является устаревшей оболочкой функции ядра `pg_rotate_logfile()`. Когда в последней была удалена жёсткая проверка суперпользователя, чтобы доступ к этой функции ограничивался правами SQL, эти изменения следовало отразить и в `pg_logfile_rotate()`, но это было упущено. Таким образом, с установленным расширением `adminpack` любой пользователь мог запросить прокрутку файла журнала, что можно считать некритичным нарушением безопасности.

После установки этого обновления администраторы должны обновить adminpack, выполнив ALTER EXTENSION adminpack UPDATE в каждой базе данных, где установлен adminpack. (CVE-2018-1115)

- Исправление некорректных пометок изменчивости для нескольких встроенных функций (Томас Мунро, Том Лейн)

  Функции query_to_xml, cursor_to_xml, cursor_to_xmlschema, query_to_xmlschema и query_to_xml_and_xmlschema должны были считаться изменчивыми, так как они выполняют пользовательские запросы, в которых могут быть изменчивые операции. Однако они не были помечены должным образом, что было чревато неправильной оптимизацией запросов. Это было исправлено для новых инсталляций в результате корректировки исходных данных каталога, но в существующих инсталляциях ошибочные пометки сохранятся. При практическом использовании этих функций риск кажется небольшим, но в случае необходимости их можно исправить, вручную изменив записи этих функций в pg_proc. Например: ALTER FUNCTION pg_catalog.query_to_xml(text, boolean, boolean, text) VOLATILE. (Заметьте, что это нужно будет проделать в каждой базе данных инсталляции.) Также вы можете обновить базу до версии с корректными исходными данными, воспользовавшись pg_upgrade.

- Исправление некорректных пометок параллельно-безопасности для нескольких встроенных функций (Thomas Munro, Tom Lane)

  Функции brin_summarize_new_values, brin_summarize_range, brin_desummarize_range, gin_clean_pending_list, cursor_to_xml, cursor_to_xmlschema, ts_rewrite, ts_stat, binary_upgrade_create_empty_extension и pg_import_system_collations должны были считаться параллельно-небезопасными, так как одни из них непосредственно модифицируют базу данных, а другие выполняют пользовательские запросы, которые могут это делать. Они были некорректно помечены как параллельно-безопасные, что могло приводить к неожиданным ошибкам запросов. Это было исправлено для новых инсталляций в результате корректировки исходных данных каталога, но в существующих инсталляциях ошибочные пометки сохранятся. При практическом использовании этих функций риск кажется небольшим, если только не включён режим force_parallel_mode, но в случае необходимости их можно исправить, вручную изменив записи этих функций в pg_proc. Например: ALTER FUNCTION pg_catalog.brin_summarize_new_values(regclass) PARALLEL UNSAFE. (Заметьте, что это нужно будет проделать в каждой базе данных инсталляции.) Также вы можете обновить базу до версии с корректными исходными данными, воспользовавшись pg_upgrade.

- Предотвращение повторного использования для TOAST идентификаторов OID, соответствующих уже неактуальным, но ещё не очищенным записям TOAST (Паван Деоласи)

  После зацикливания счётчика OID имеется возможность использования для значения TOAST идентификатора OID, соответствующего ранее удалённой записи в той же таблице TOAST. Если запись не была очищена к тому времени, это приводило к ошибкам «unexpected chunk number 0 (expected 1) for toast value *nnnnn*» (неожиданный номер порции 0 (ожидался 1) для значения TOAST *nnnnn*), которые сохранялись до удаления неактуальной записи командой VACUUM. В качестве решения выбор таких OID при создании новых записей TOAST теперь исключается.

- Корректная проверка всех ограничений CHECK для отдельных секций при выполнении COPY в секционированную таблицу (Эцуро Фудзита)

  Ранее проверялись только ограничения, заданные для секционированной таблицы в целом.

- Допущение значений TRUE и FALSE в качестве границ секции (Амит Ланготе)

  Ранее для логического секционирующего столбца принимались только строковые литералы, но pg_dump выводит эти значения как TRUE/FALSE, что приводило к ошибкам при выгрузке/загрузке данных.

- Исправление работы с памятью в функциях сравнения ключей секционирования (Альваро Эррера, Амит Ланготе)

Эта ошибка могла приводить к сбоям при использовании для ключей секционирования классов операторов, определённых пользователем.

- Устранение возможности сбоя при добавлении запросом кортежей в несколько секций секционированной таблицы, когда эти секции имеют разные типы строк (Эцуро Фудзита, Амит Ланготе)
- Изменение алгоритма ANALYZE в части модификации pg_class.reltuples (Дэвид Гулд)

  Ранее плотность кортежей могла обновляться только для страниц, прошедших обработку ANALYZE, для остальных плотность считалась прежней. В большой таблице, где ANALYZE выбирает лишь небольшой процент страниц, это означает, что возможно лишь незначительное изменение общей оценки плотности кортежей, и поэтому reltuples будет меняться практически пропорционально изменениям физического размера таблицы (relpages) вне зависимости от того, что фактически происходит в таблице. В результате может наблюдаться настолько большое увеличение reltuples по сравнению с реальностью, что автоматическая очистка практически отключается. Для исправления этой ошибки принимается, что выборка ANALYZE является статистически несмещённой (какой она и должна быть), и наблюдаемая в ней плотность просто экстраполируется на всю таблицу.
- Включение объектов расширенной статистики в набор свойств таблицы, копируемых конструкцией CREATE TABLE ... LIKE ... INCLUDING ALL (Дэвид Роули)

  Также добавлено указание INCLUDING STATISTICS для явного управления включением этой информации.
- Исправление работы CREATE TABLE ... LIKE со столбцами идентификации типа bigint (Питер Эйзентраут)

  На платформах, где long имеет размер 32 бита (что включает 64-битные Windows, а также большинство 32-битных систем), копируемые параметры последовательностей усекались до 32 бит.
- Предупреждение взаимоблокировок в параллельных командах CREATE INDEX CONCURRENTLY, выполняемых на уровнях изоляции SERIALIZABLE и REPEATABLE READ (Том Лейн)
- Устранение возможности замедленного выполнения REFRESH MATERIALIZED VIEW CONCURRENTLY (Томас Мунро)
- Устранение ошибки в UPDATE/DELETE ... WHERE CURRENT OF в случае, когда задействованный курсор использует план сканирования только индекса (Юго Нагата, Том Лейн)
- Исправление некорректного планирования, когда предложения соединения передавались в параметризованные пути (Эндрю Гирт, Том Лейн)

  Эта ошибка могла привести к неправильной классификации условия как «фильтра соединения» для внешнего соединения, тогда как оно должно быть простым «фильтром», и в итоге мог получиться некорректный результат соединения.
- Устранение возможности некорректного построения плана сканирования только индекса в случаях, когда один столбец таблицы фигурирует в нескольких индексах, но не во всех этих индексах используются классы операторов, которые могут выдать значение столбца (Кётаро Хоригути)
- Исправление некорректной оптимизации ограничений CHECK с гарантированными NULL-подвыражениями в условиях верхнего уровня AND/OR (Том Лейн, Дин Рашид)

  В результате, например, ограничение-исключение могло исключить из запроса дочернюю таблицу, которая не должна быть исключена.
- Предотвращение сбоя планировщика в случаях, когда запрос содержит несколько наборов GROUPING SETS, и ни один из них нельзя получить сортировкой (Эндрю Гирт)

- Устранение сбоя исполнителя в результате двойного освобождения памяти с некоторыми вариантами использования `GROUPING SET` (Питер Гейган)
- Исправление некорректного выполнения замкнутого соединения переходных таблиц (Томас Мунро)
- Предотвращение сбоя в случае, когда триггер события перезаписи таблицы добавляется одновременно с выполнением команды, которая может вызвать такой триггер (Альваро Эррера, Эндрю Гирт, Том Лейн)
- Предотвращение ошибки при прерывании запроса или прекращении сеанса в момент фиксирования подготовленной транзакции (Стас Кельвич)
- Ликвидация утечки памяти на время выполнения запроса в последовательно выполняемых соединениях по хешу (Том Лейн)
- Устранение возможных утечек или двойного освобождения закреплений буферов карты видимости (Амит Капила)
- Устранение неоправданной пометки страниц как полностью видимых (Дэн Вуд, Паван Деоласи, Альваро Эррера)

  Это могло происходить при блокировании (но не удалении) некоторых кортежей. Хотя запросы будут продолжать выполняться корректно, процедура очистки обычно игнорирует такие страницы, вследствие чего кортежи на них никогда не будут замораживаться. В последних выпусках это в конце концов приведёт к появлению ошибок вида «found multixact *nnnnn* from before relminmxid *nnnnn*» (найдена мультитранзакция *nnnnn*, предшествующая relminmxid *nnnnn*).
- Исправление излишне строгой проверки в `heap_prepare_freeze_tuple` (Альваро Эррера)

  Это могло приводить к необоснованной ошибке «cannot freeze committed xmax» (не удаётся заморозить зафиксированный xmax) в базах данных, обновлённых с помощью pg_upgrade с версии 9.2 или старее.
- Устранение потери указателя в случаях, когда написанный на C триггер, выполняемый до изменения строки, возвращает старый кортеж («old») (Рушаб Латиа)
- Понижение уровня блокировки при планировании работы автоочистки (Джефф Джейнс)

  Предыдущее поведение создавало значительные препятствия для параллельного выполнения рабочих процессов в базах, содержащих множество таблиц.
- Обеспечение копирования имени клиентского компьютера при копировании данных `pg_stat_activity` в локальную память (Эдмунд Хорнер)

  Ранее предположительно локальный экземпляр содержал указатель на разделяемую память, вследствие чего содержимое поля с именем клиентского компьютера могло неожиданно измениться при отключении какого-либо сеанса.
- Корректная обработка информации `pg_stat_activity` для вспомогательных процессов (Эдмунд Хорнер)

  Поля `application_name`, `client_hostname` и `query` для таких процессов могли содержать неверные данные.
- Исправление некорректной обработки нескольких составных аффиксов в словарях `ispell` (Артур Закиров)
- Исправление поиска (то есть сканирования индекса с операторами неравенства), зависимого от правила сортировки, в индексах SP-GiST, построенных по текстовым столбцам (Том Лейн)

  Такой поиск мог возвращать неправильный набор строк для большинства правил сортировки, отличных от C.
- Предотвращение утечки памяти на время выполнения запроса в классах операторов SP-GiST, использующих переходящие значения (Антон Дигнос)

- Корректировка вычисления количества кортежей в индексе при изначальном построении индекса SP-GiST (Томаш Вондра)

  Ранее количество кортежей в индексе считалось равным количеству кортежей в нижележащей таблице, что неверно в случае частичного индекса.

- Корректировка вычисления количества кортежей в индексе при очистке индекса GiST (Андрей Бородин)

  Ранее оно считалось равным примерному количеству кортежей в куче, что провоцировало неточность и определённо было ошибочным в случае частичного индекса.

- Исправление поведения в особом случае, когда ведомый реплицирующий сервер «застревал» на записи продолжения WAL (Кётаро Хоригути)

- При логическом декодировании приняты меры во избежание двойной обработки данных WAL при перезапуске передатчика WAL (Крейг Рингер)

- Исправление механизма логической репликации, чтобы он не полагался на совпадение OID типов между локальным и удалённым серверами (Масахико Савада)

- Поддержка использования `scalarltsel` и `scalargtsel` с расширенными типами данных (Томаш Вондра)

- Уменьшение потребления памяти libpq в случаях, когда сервер выдаёт ошибку после получения большого объёма результата запроса (Том Лейн)

  Полученный ранее результат должен быть отброшен до, а не после обработки ошибки. На некоторых платформах, в частности в Linux это может влиять на то, сколько памяти будет занимать приложение.

- Устранение сбоев в ecpg, вызванных двойным освобождением памяти (Патрик Крекер, Дживан Ладхе)

- Исправление обработки переменных `long long int` в ecpg, собранном с использованием MSVC (Михаэль Мескес, Эндрю Гирт)

- Исправление некорректного заключения в кавычки значений для переменных GUC со списками при формировании дампа (Микаэль Пакье, Том Лейн)

  Переменные `local_preload_libraries`, `session_preload_libraries`, `shared_preload_libraries` и `temp_tablespaces` не заключались в кавычки корректно в выводе pg_dump. Это могло приводить к проблемам, если эти переменным присваивались значения в конструкциях `CREATE FUNCTION ... SET` или `ALTER DATABASE/ROLE ... SET`.

- Предотвращение отказа pg_recvlogical при подключении к серверам PostgreSQL до 10 версии (Микаэль Пакье)

  В результате предыдущего исправления программа pg_recvlogical, не проверяя версию сервера, выдавала команду, которая должна предназначаться только серверам версии 10 и новее.

- Исправление поведения pg_rewind, чтобы на целевом сервере удалялись файлы, которые могли быть удалены в процессе выполнения на исходном сервере (Такаюки Цунакава)

  В противном случае на целевом сервере могла нарушаться согласованность данных, особенно если это был файл сегмента WAL.

- Исправление в pg_rewind обработки таблиц в дополнительных табличных пространствах (Такаюки Цунакава)

- Исправление обработки целочисленного переполнения в циклах `FOR` на языке PL/pgSQL (Том Лейн)

  Ранее с некоторыми компиляторами, отличными от gcc, переполнение переменной цикла не проверялось, в результате чего цикл оказывался бесконечным.

- Исправление регрессионных тестов PL/Python для совместимости с Python 3.7 (Питер Эйзентраут)
- Поддержка тестирования PL/Python и связанных модулей при сборке с использованием Python 3 и MSVC (Эндрю Дунстан)
- Устранение ошибок при изначальном построении индексов `contrib/bloom` (Томаш Вондра, Том Лейн)

  Предотвращение возможного исчезновения последнего кортежа таблицы из индекса. Исправление подсчёта количества кортежей в частичных индексах.
- Переименование функций `b64_encode` и `b64_decode` во избежание конфликта со встроенными функциями Solaris 11.4 (Райнер Орт)
- Синхронизация нашей копии библиотеки timezone с выпущенной IANA версией 2018e (Том Лейн)

  В этой версии усовершенствован компилятор данных часовых поясов zic для работы с отрицательными смещениями при переходе на летнее время. Хотя проект PostgreSQL в настоящее время не поставляет такие данные часовых поясов, zic может применяться с данными, полученными непосредственно от IANA, поэтому кажется разумным обновить zic сейчас.
- Обновление данных часовых поясов до версии tzdata 2018d, включающее изменения правил перехода на летнее время в Палестине и Антарктиде (станция Кейси), плюс корректировку исторических данных для Португалии и её колоний, а также Уругвая и островов Эндербери, Ямайка, Теркс и Кайкос.

# E.9. Выпуск 10.3

**Дата выпуска:** 2018-03-01

В этот выпуск вошли различные исправления, внесённые после версии 10.2. За информацией о нововведениях версии 10 обратитесь к Разделу E.12.

## E.9.1. Миграция на версию 10.3

Если используется версия 10.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Однако если в вашей СУБД не все пользователи взаимно доверяют друг другу либо если вы поддерживаете приложение или расширение, предназначенное для использования в произвольных ситуациях, настоятельно рекомендуется прочитать об изменениях в первой записи ниже и предпринять соответствующие действия для защиты вашей инсталляции или кода.

Также изменения, описанные во втором пункте списка ниже, могут приводить к сбоям функций, используемых в индексных выражениях или материализованных представлениях, во время автоматического анализа или при восстановлении выгруженных данных. Поэтому после обновления проверьте журнал сервера на предмет подобных проблем и исправьте затронутые функции.

Также, если вы обновляете сервер с более ранней версии, чем 10.2, см. Раздел E.10.

## E.9.2. Изменения

- Добавление в документацию информации о настройке серверов и приложений для защиты от атак с внедрением троянского кода через путь поиска (Ной Миш)

  Когда используется значение `search_path`, включающее схемы, доступные для записи злонамеренному пользователю, он может перехватывать управление над выполнением запросов и затем запускать произвольный SQL-код с правами атакуемого пользователя. Хотя есть возможность составлять запросы, защищённые от подобного перехвата, это требует кропотливой работы, и при этом очень легко что-то упустить. Поэтому мы рекомендуем использовать

конфигурации, в которых пути поиска не могут включать недоверенные схемы. Соответствующая информация добавлена в Подраздел 5.8.6 (для пользователей и администраторов баз данных), Раздел 33.1 (для разработчиков приложений), Подраздел 37.15.1 (для разработчиков расширений) и CREATE FUNCTION (для разработчиков функций с характеристикой `SECURITY DEFINER`). (CVE-2018-1058)

- Предотвращение использования небезопасных значений `search_path` в pg_dump и других клиентских программах (Ной Миш, Том Лейн)

  pg_dump, pg_upgrade, vacuumdb и другие приложения, предоставляемые PostgreSQL, были уязвимы для перехвата выполнения, описанного в предыдущем пункте; так как эти приложения обычно запускаются суперпользователями, они представляли собой привлекательные средства для атаки. Чтобы защитить их вне зависимости от того, защищена ли вся инсталляция в целом, они были изменены так, чтобы для них параметр `search_path` содержал только `pg_catalog`. Теперь это так же касается и рабочих процессов автоочистки.

  В случаях, когда этими программами неявно вызываются определённые пользователем функции — например, это могут быть пользовательские функции в выражениях индексов — более строгое значение `search_path` может приводить к ошибкам, которые потребуется исправить так, чтобы эти функции никак не зависели от пути поиска, с которым они выполняются. Это всегда рекомендовалось делать, но сейчас это необходимо для корректного поведения. (CVE-2018-1058)

- Предотвращение попыток логической репликации передавать изменения в непубликуемых отношениях (Питер Эйзентраут)

  Публикация всех таблиц (с пометкой `FOR ALL TABLES`) могла некорректно передавать изменения в материализованных представлениях и таблицах `information_schema`, которые не должны попадать в поток изменений.

- Исправление некорректного поведения перепроверок одновременных изменений со ссылками CTE, фигурирующими во внутренних планах (Том Лейн)

  Если ссылка на CTE (содержимое предложения `WITH`) использовалась в InitPlan или SubPlan, и запросу требовалось провести перепроверку из-за попытки изменения или блокировки одновременно изменяемой строки, могли быть получены неверные результаты.

- Устранение сбоев планировщика при перекрывающихся предложениях соединения слиянием во внешнем соединении (Том Лейн)

  Эти дефекты приводили в особых случаях к ошибкам планировщика «left and right pathkeys do not match in mergejoin» (нарушено соответствие левых и правых ключей пути в соединении слиянием) или «outer pathkeys do not match mergeclauses» (внешние ключи пути не соответствуют предложениям слияния).

- Исправление ошибки в pg_upgrade, когда не удавалось сохранить `relfrozenxid` для материализованных представлений (Том Лейн, Андрес Фройнд)

  Данное упущение могло приводить к разрушению данных в материализованных представлениях после обновления. Это могло проявляться в ошибках «could not access status of transaction» (не удалось получить состояние транзакции) или «found xmin from before relfrozenxid» (найден xmin перед relfrozenxid). Эта проблема была более вероятна в редко обновляемых материализованных представлениях или в представлениях, обновляемых только командой `REFRESH MATERIALIZED VIEW CONCURRENTLY`.

  Если такое разрушение имело место, его можно исправить, обновив материализованное представление (без указания `CONCURRENTLY`).

- Исправление некорректного вывода pg_dump для некоторых граничных значений последовательностей (Алексей Баштанов)

- Исправление неправильной обработки в pg_dump объектов `STATISTICS` (Том Лейн)

Схема объекта расширенной статистики неправильно помечалась в оглавлении таблицы выгружаемых данных, что могло приводить к некорректным результатам при восстановлении отдельных схем. Также некорректно восстанавливалась информация о владельце. Кроме того, логика работы изменена так, чтобы объекты статистики выгружались/восстанавливались или нет как независимые объекты, без учёта того, производится ли выгрузка/восстановление таблицы, к которой они привязаны. Исходное определение не должно распространяться на планируемое будущее расширение статистики нескольких таблиц.

- Исправление некорректной обработки имён функций PL/Python в стеках ошибки `CONTEXT` (Том Лейн)

  Ошибка, произошедшая во вложенном вызове функции PL/Python (то есть функции, вызванной через SPI-запрос из другой функции PL/Python), могла привести к тому, что в трассировке стека вместо ожидаемого результата имя внутренней функции фигурировало дважды. Также ошибка во вложенном блоке PL/Python `DO` могла привести к обращению по нулевому указателю на некоторых платформах.

- Максимальное значение `log_min_duration` для `contrib/auto_explain` доведено до `INT_MAX`, что составляет около 24 суток вместо 35 минут (Том Лейн)

- Для разнообразных переменных GUC добавлена пометка `PGDLLIMPORT` в целях облегчения переноса модулей расширений в Windows (Метин Дослу)

# E.10. Выпуск 10.2

**Дата выпуска:** 2018-02-08

В этот выпуск вошли различные исправления, внесённые после версии 10.1. За информацией о нововведениях версии 10 обратитесь к Разделу E.12.

## E.10.1. Миграция на версию 10.2

Если используется версия 10.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Однако если вы используете оператор `~>` расширения `contrib/cube`, прочитайте ниже запись о нём.

Также, если вы обновляете сервер с более ранней версии, чем 10.1, см. Раздел E.11.

## E.10.2. Изменения

- Исправление обработки ключей секционирования, содержащих несколько выражений (Альваро Эррера. Дэвид Роули)

  Эта ошибка приводила к сбоям или, со специально сконструированными данными, к раскрытию произвольного содержимого памяти обслуживающего процесса. (CVE-2018-1052)

- Временные файлы, создаваемые программой pg_upgrade, должны быть недоступны для чтения всеми пользователями (Том Лейн, Ной Миш)

  Программа pg_upgrade обычно ограничивает доступ к своим временным файлам, чтобы их мог читать и записывать только запускающий её пользователь. Но временные файлы, содержащие вывод `pg_dumpall -g` могли быть доступны для чтения группе или всем пользователям, а возможно и для записи, если это допускало значение `umask` этого пользователя. При типичном использовании в многопользовательских системах `umask` и/или разрешения в рабочем каталоге достаточно жёсткие и эта проблема неактуальна; но pg_upgrade может использоваться и в сценариях, где это упущение могло привести, например, к утечке паролей баз данных. (CVE-2018-1053)

- Исправление очистки кортежей, которые были изменены при установленной блокировке разделяемого ключа (Андрес Фройнд, Альваро Эррера)

В некоторых случаях операция VACUUM не удаляла такие кортежи, даже когда они теряли актуальность, что приводило к различным сценариям повреждения данных.

- Исправление упущения, когда метастраница хеш-индекса не помечалась как «грязная» после добавления новой страницы переполнения, что могло приводить к порче индекса (Лисянь Цзоу, Амит Капила)
- Осуществление очистки очереди добавлений индекса GIN при выполнении VACUUM (Масахико Савада)

  Это необходимо для гарантированного удаления неактуальных записей индекса. Прежний код делал это в другом порядке, позволяя операции VACUUM пропускать очистку, если какие-то другие процессы производили очистку параллельно. Однако при этом в индексе могли оставаться некорректные записи.
- Исправление неправильной блокировки буфера при некоторых чтениях LSN (Якоб Чемпион, Асим Правин, Ашвин Агравал)

  Эти ошибки могли приводит к некорректному поведению при многопоточной нагрузке. Потенциальные последствия не были характеризованы полностью.
- Исправление некорректных результатов запросов в случаях, когда происходило упрощение подзапросов, результаты которых использовались в GROUPING SETS (Хейкки Линнакангас)
- Исправление обработки ограничений секционирования по списку с ключами секционирования логического типа и массивами (Амит Ланготе)
- Исключение неоправданной ошибки в запросе с деревом наследования, который выполнялся одновременно с тем, как некоторая дочерняя таблица удалялась из этого дерева командой ALTER TABLE NO INHERIT (Том Лейн)
- Устранение разнообразных ошибок взаимоблокировки при выполнении в нескольких сеансах команды CREATE INDEX CONCURRENTLY (Джефф Джейнс)
- Изменение полей размера таблицы в процессе VACUUM FULL на более раннем этапе (Амит Капила)

  Это предупреждает неоптимальное поведение при перестраивании хеш-индексов таблицы, так как для расчёта начального размера хеша используется статистика pg_class.
- Исправление работы UNION/INTERSECT/EXCEPT с нулём столбцов (Том Лейн)
- Запрет использования столбцов идентификации с типизированными таблицами и секциями (Микаэль Пакье)

  Такое использование теперь будет считаться неподдерживаемым.
- Исправление разнообразных ошибок, когда в столбец идентификации при добавлении записи не вставлялось правильное значение по умолчанию (Микаэль Пакье, Питер Эйзентраут)

  В некоторых контекстах, а именно в COPY и ALTER TABLE ADD COLUMN, ожидаемое значение по умолчанию не применялось, а вместо него вставлялось значение NULL.
- Устранение ошибок в ситуациях, когда дерево наследования содержит дочерние сторонние таблицы (Эцуро Фудзита)

  Комбинация обычных и сторонних таблиц в дереве наследования провоцировала построение некорректных планов в запросах UPDATE и DELETE. Это приводило к видимым ошибкам в некоторых случаях, особенно когда в дочерней сторонней таблице присутствовали триггеры уровня строк.
- Исправление дефекта со связанным подзапросом SELECT внутри VALUES в подзапросе LATERAL (Том Лейн)

- Устранение ошибки планировщика «could not devise a query plan for the given query» (не удалось выработать план для данного запроса) в некоторых случаях, включая вложенные `UNION ALL` в подзапросе LATERAL (Том Лейн)
- Реализована возможность использовать статистику функциональной зависимости для логических столбцов (Том Лейн)

  Ранее, хотя расширенную статистику можно было объявить и собирать по логическим столбцам, планировщик не мог её применить.
- Устранение недооценивания количества групп, выдаваемых подзапросами, в которых вызываются функции, возвращающие множества, в группируемых столбцах (Том Лейн)

  В случаях, подобных `SELECT DISTINCT unnest(foo)`, в версии 10.0 приблизительная оценка количества строк стала давать меньшее число по сравнению с предыдущими версиями, что могло приводить к выбору неоптимальных планов. Теперь восстановлен предыдущий алгоритм оценивания.
- Исправление работы триггеров в процессах логической репликации (Петр Желинек)
- Исправление логического декодирования, чтобы файлы на диске корректно очищались от данных сбойных транзакций (Атсуши Торикоши)

  Процедура логического декодирования может выносить записи WAL на диск, если транзакции генерируют много записей WAL. Обычно эти файлы очищаются после фиксирования транзакции или поступления записи о её прерывании; но в отсутствие таких записей код очистки работал неправильно.
- Исправление тайм-аута в процессе walsender и реакции на прерывания при обработке большой транзакции (Петр Желинек)
- Устранение условий гонки при удалении источника репликации, когда ожидание удаляющего процесса могло быть бесконечным (Том Лейн)
- Предоставление членам роли `pg_read_all_stats` возможности видеть статистику walsender в представлении `pg_stat_replication` (Фейке Стинберген)
- Отображение процессов walsender, передающих базовые резервные копии, как активные в представлении `pg_stat_activity` (Магнус Хагандер)
- Исправление обозначения метода аутентификации `scram-sha-256` в представлении `pg_hba_file_rules` (Микаэль Пакье)

  Ранее его название выводилось как `scram-sha256`, что могло смущать пользователей некорректным написанием.
- Добавление в `has_sequence_privilege()` поддержки проверок `WITH GRANT OPTION`, как это сделано в других функциях проверки прав (Джо Конвей)
- В базах данных с кодировкой UTF8 любые XML-объявления, выбирающие другую кодировку, должны игнорироваться (Павел Стехуле, Ной Миш)

  Мы всегда храним документы XML в кодировке базы данных, так что позволяя libxml обрабатывать объявления с другой кодировкой, мы получим ошибочные результаты. Если кодировка базы — не UTF8, мы в любом случае не обещали поддерживать XML-данные с не ASCII-кодировкой, так что предыдущее поведение сохранено для совместимости ошибок. Это изменение затрагивает только `xpath()` и связанные функции; другой код и ранее работал так.
- Обеспечение прямой совместимости с будущими изменениями младших версий протокола (Роберт Хаас, Бадрул Чоудхури)

  Ранее серверы PostgreSQL просто отклоняли запросы на использование версий протокола новее 3.0, так что никакого функционального отличия старших номеров от младших не было. Теперь клиенты могут запрашивать версии 3.x и получать в ответ не отказ, а сообщение, говорящее, что сервер поддерживает только версию 3.0. В данный момент от этого ничего не меня-

ется, но перенос этого изменения в предыдущие версии должен ускорить внедрение небольших усовершенствований протокола в будущем.

- Предоставление возможности клиенту, поддерживающему привязку канала SCRAM, (в частности libpq v11 или новее) подключаться к серверу v10 (Микаэль Пакье)

  Версия 10 не реализует такую функциональность, и согласование её использования производилось некорректно.

- Предотвращение долгоживущих циклов в `ConditionVariableBroadcast()` (Том Лейн, Томас Мунро)

  При неудачно сложившихся временных интервалах процесс, пытающийся разбудить все спящие процессы по условной переменной, мог зацикливаться на неопределённое время. Вследствие ограниченного использования условных переменных в v10, эта проблема затрагивала только параллельные сканирования индексов и некоторые операции со слотами репликации.

- Корректный сброс ожиданий условных переменных при прерывании подтранзакции (Роберт Хаас)
- Обеспечение своевременного завершения всех дочерних процессов, ожидающих условные переменные, в случае прекращения работы процесса postmaster (Том Лейн)
- Устранение сбоев параллельных процессов при использовании более чем одного узла Gather (Томас Мунро)
- Ликвидация зависания в процессе параллельного сканирования индекса при обработке удалённой или наполовину неактуальной страницы индекса (Амит Капила)
- Предотвращение краха в случае, когда при параллельном сканировании битовой карты не удаётся выделить сегмент разделяемой памяти (Роберт Хаас)
- Исправление реакции на сбой при запуске параллельного рабочего процесса (Амит Капила, Роберт Хаас)

  Ранее параллельный запрос мог зависнуть на неопределённое время, если не удавалось запустить рабочий процесс, вследствие ошибки в `fork()` или других редких проблем.

- Исключение неоправданной ошибки, которая выдавалась, когда не удавалось получить параллельные исполнители при запуске параллельного запроса (Роберт Хаас)
- Исправление сбора статистики `EXPLAIN`, получаемой от параллельных исполнителей (Амит Капила, Томас Мунро)
- Строки запросов, передаваемые параллельным исполнителям, всегда должны завершаться нулём (Томас Мунро)

  Это предотвращает вывод мусора в журнал главного процесса от таких исполнителей.

- Устранение небезопасного предположения о выравнивании при работе с типом `__int128` (Том Лейн)

  Обычно компиляторы полагают, что переменные `__int128` выравниваются по 16-байтовым границам, но наша инфраструктура выделения памяти не готова гарантировать это, а увеличение MAXALIGN кажется неподходящим по множеству причин. В качестве решения код был изменён так, чтобы тип `__int128` можно было использовать только когда мы можем сказать компилятору, что предполагается не такое крупное выравнивание. Единственный замеченный симптом этой проблемы — сбои в некоторых параллельных запросах с агрегированием.

- Предотвращение сбоев с переполнением стека при планировании операций со множествами с крайне большой вложенностью (`UNION`/`INTERSECT`/`EXCEPT`) (Том Лейн)
- Предотвращение краха при перепроверке EvalPlanQual в узле сканирования индекса, являющимся внутренним потомком соединения слиянием (Том Лейн)

  Это могло происходить только при изменении или выборке `SELECT FOR UPDATE` данных соединения, когда одновременно изменялись некоторые выбранные строки.

- Устранение ошибки в процессе автоочистки, когда расширенная статистика для таблицы определена, но не может быть вычислена (Альваро Эррера)
- Ликвидация обращений по нулевому указателю для некоторых типов адресов LDAP, задаваемых в файле `pg_hba.conf` (Томас Мунро)
- Предотвращение исчерпания памяти из-за разрастания простых хеш-таблиц (Томаш Вондра, Андрес Фройнд)
- Исправление демонстрационных функций `INSTR()` в документации по PL/pgSQL (Юго Нагата, Том Лейн)

  В документации утверждалось, что эти функции совместимы с Oracle®, но это было не совсем так. В частности, по-разному интерпретировалось отрицательное значение третьего параметра: Oracle воспринимает это значение как последнюю позицию, с которой может начинаться целевая подстрока, а наши функции считали, что это последняя позиция, где строка может заканчиваться. Также Oracle выдаёт ошибку в случае нулевого или отрицательного четвёртого параметра, тогда как наши функции возвращали ноль.

  Код этого примера был изменён для большего соответствия поведению Oracle. Пользователям, которые скопировали этот код в свои приложения, возможно, имеет смысл обновить свои копии.
- Исправление поведения pg_dump, чтобы ACL (разрешения), комментарии и метки безопасности можно было надёжно идентифицировать в архивных выходных форматах (Том Лейн)

  Компонент «метка» записи ACL в архиве обычно представлял собой просто имя целевого объекта. В его начало теперь добавляется тип объекта, чтобы записи ACL соответствовали соглашениям, уже принятым для записей комментариев и меток безопасности. Кроме того, обозначения комментариев и меток безопасности, заданных для собственно базы данных, теперь должны начинаться с `DATABASE`, чтобы они соответствовали тому же соглашению. Это предупреждает ложные срабатывания в коде, который пытается найти записи больших объектов по строкам, начинающимся со слов `LARGE OBJECT`. Прежнее поведение могло приводить к неправильной классификации записей как данные и нежелательным результатам при восстановлении выгруженной только схемы или только данных.

  Заметьте, что следствием этого стало изменение видимого пользователями вывода `pg_restore --list`.
- Переименование функции `copy_file_range` в pg_rewind во избежание конфликта с новым системным вызовом Linux с таким же именем (Андрес Фройнд)

  Это изменение предотвращает ошибки при сборке с новыми версиями glibc.
- В ecpg добавлено выявление массивов индикаторов с неправильной длиной и сообщение об ошибке (Дэвид Рейдер)
- Изменение поведения оператора `cube ~> int` в расширении `contrib/cube` для обеспечения его совместимости с поиском kNN (Александр Коротков)

  Смысл второго аргумента (выбирающего размерность) был изменён, чтобы можно было определённо сказать, какое именно значение выбирается в кубах переменных размерностей.

  Это изменение нарушает совместимость, но так как этот оператор предназначался для поисков kNN, в прежнем виде он был бесполезен. После установки этого обновления все материализованные представления или индексы с выражениями, использующими этот оператор, необходимо обновить/перестроить.
- Предотвращение срабатывания проверки истинности внутри libc в расширении `contrib/hstore` из-за использования `memcpy()` с равными указателями источника и получателя (Томаш Вондра)
- Исправление некорректного отображения битовых карт NULL для кортежей в `contrib/pageinspect` (Максим Милютин)

- Исправление некорректного вывода функции `hash_page_items()` расширения `contrib/pageinspect` (Масахико Савада)
- В расширении `contrib/postgres_fdw` ликвидирована ошибка планировщика «outer pathkeys do not match mergeclauses» (внешние ключи пути не соответствуют предложениям слияния) при построении плана, включающего удалённое соединение (Роберт Хаас)
- В `contrib/postgres_fdw` предотвращён сбой планировщика при дублировании элементов `GROUP BY` (Дживан Чок)
- Добавление современных примеров настройки автозапуска Postgres в macOS (Том Лейн)

  Скрипты в `contrib/start-scripts/osx` используют инфраструктуру, которая устарела десять лет назад, и абсолютно неработоспособны во всех версиях macOS, выпущенных в последние два года. Добавлен новый подкаталог `contrib/start-scripts/macos` со скриптами, использующими новую инфраструктуру launchd.
- Исправление некорректного выбора зависящих от конфигурации библиотек OpenSSL в Windows (Эндрю Дунстан)
- Поддержка компоновки с версиями libperl, собранными компилятором MinGW (Ной Миш)

  Это позволяет собирать PL/Perl с некоторыми распространёнными дистрибутивами Perl для Windows.
- Исправление в сборке MSVC проверки, требуется ли 32-битной libperl определение `-D_USE_32BIT_TIME_T` (Ной Миш)

  Имеющиеся дистрибутивы Perl ожидают разного, и при этом нет никакой возможности надёжно проверить это, поэтому пришлось добавить проверку фактического поведения используемой библиотеки во время компиляции.
- В Windows обработчик аварийного завершения должен устанавливаться на более раннем этапе запуска главного процесса (Такаюки Цунакава)

  Это поможет получить дамп памяти при ошибках в те моменты в начале запуска, в которые раньше дамп не записывался.
- В Windows устранены сбои, связанные с преобразованием кодировок при выводе сообщений на самых ранних стадиях запуска процесса postmaster (Такаюки Цунакава)
- Использование нашего ранее написанного кода циклических блокировок для Motorola 68K во OpenBSD, а также в NetBSD (Давид Карлье)
- Добавление поддержки циклических блокировок для Motorola 88K (Давид Карлье)
- Обновление данных часовых поясов до версии tzdata 2018c, включающее изменения правил перехода на летнее время в Бразилии, в Сан-Томе и Принсипи, а также корректировки исторических данных для Боливии, Японии и Южного Судана. Был удалён часовой пояс `US/Pacific-New` (это был просто псевдоним для пояса `America/Los_Angeles`).

# E.11. Выпуск 10.1

**Дата выпуска:** 2017-11-09

В этот выпуск вошли различные исправления, внесённые после версии 10.0. За информацией о нововведениях версии 10 обратитесь к Разделу E.12.

## E.11.1. Миграция на версию 10.1

Если используется версия 10.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Однако если вы используете индексы BRIN, прочитайте четвёртую запись в списке изменений.

## E.11.2. Изменения

- Обеспечение проверки разрешений на уровне таблиц и политик RLS при выполнении `INSERT ... ON CONFLICT DO UPDATE` во всех случаях (Дин Рашид)

  Путь изменения данных в команде `INSERT ... ON CONFLICT DO UPDATE` требовал наличия разрешения `SELECT` для всех столбцов в решающем индексе, но в случае указания решающего ограничения по имени должная проверка отсутствовала. Кроме того, для таблиц с включённой защитой на уровне строк не проверялось, соответствуют ли изменённые строки политикам `SELECT` (вне зависимости от способа задания решающего индекса). (CVE-2017-15099)

- Устранение сбоя при несовпадении типа записи в `json{b}_populate_recordset()` (Микаэль Пакье, Том Лейн)

  Эти функции использовали тип результата, заданный в предложении `FROM ... AS`, не проверяя, соответствует ли он фактическому типу поступившего кортежа. В случае несоответствия обычно происходил сбой, хотя также вероятным было раскрытие содержимого памяти сервера. (CVE-2017-15098)

- Исправление скриптов запуска сервера — переключение на `$PGUSER` до открытия файла `$PGLOG` (Ной Миш)

  Ранее файл журнала postmaster открывался ещё под именем root. Таким образом, владелец базы данных мог произвести атаку на другого пользователя системы, сделав `$PGLOG` символической ссылкой на некоторый другой файл, который в результате можно было испортить добавленными в него сообщениями журнала.

  По умолчанию эти скрипты никуда не устанавливаются. Если вы использовали их, замените свои экземпляры новыми копиями либо внесите те же коррективы в свои вручную изменённые скрипты. Если владельцем существующего файла `$PGLOG` является root, его нужно удалить или переименовать прежде чем перезапускать сервер с помощью исправленного скрипта. (CVE-2017-12172)

- Исправление вычисления сводных данных индекса BRIN для корректной работы при одновременном расширении таблицы (Альваро Эррера)

  Ранее в условиях гонки некоторые строки таблицы могли пропадать из индекса. Для устранения последствий предыдущих проявлений этой проблемы может потребоваться перестроить существующие индексы BRIN.

- Предупреждение возможных сбоев при параллельных изменениях индекса BRIN (Том Лейн)

  В определённых условиях гонки могли возникать ошибки «invalid index offnum» (неверный номер смещения в индексе) или «inconsistent range map» (несогласованность в карте диапазонов).

- Предотвращение в ходе логической репликации присвоения NULL нереплицируемым столбцам при репликации `UPDATE` (Петр Желинек)

- Исправление механизма логической репликации, чтобы триггеры `BEFORE ROW DELETE` вызывались в должное время (Масахико Савада)

  Ранее этого не происходило, если в таблице также имелся триггер `BEFORE ROW UPDATE`.

- Устранение сбоя при вызове логического декодирования из функции, использующей SPI, в частности, из любой функции на одном из языков PL (Том Лейн)

- Игнорирование CTE (общих табличных выражений) при обращении к целевой таблице для выполнения `INSERT`/`UPDATE`/`DELETE` и недопущение сопоставления имён целевых таблиц, заданных с указанием схемы, с именами переходных таблиц в триггерах (Томас Мунро)

  В результате для CTE, связанных с командами DML, восстановлено поведение, имевшее место до версии 10.

- Уход от вычисления выражений в аргументах агрегатной функции для строк, не удовлетворяющих условию `FILTER` (Том Лейн)

  Тем самым восстанавливается поведение, наблюдавшееся до 10 версии (и описанное в стандарте SQL).

- Исправление некорректных результатов запросов, содержащих в нескольких столбцах `GROUPING SETS` одну и ту же простую переменную (Том Лейн)

- Устранение утечки памяти на время выполнения запроса при вычислении функции, возвращающей множество, в целевом списке `SELECT` (Том Лейн)

- Реализована возможность параллельного выполнения подготовленных операторов с общими планами (Амит Капила, Кунтал Гхош)

- Корректировка неправильных решений по распараллеливанию для вложенных запросов (Амит Капила, Кунтал Гхош)

- Устранение сбоев в обработке параллельных запросов, возможных при удалении недавно использованной роли (Амит Капила)

- Устранение сбоя при параллельном сканировании битовой карты с узлом плана BitmapAnd, расположенным под узлом BitmapOr (Дилип Кумар)

- Исправление в функциях `json_build_array()`, `json_build_object()` и их аналогах для `jsonb` обработки явно заданных аргументов `VARIADIC` (Микаэль Пакье)

- Исправление логики «частей работы» автоочистки для предупреждения возможных сбоев и незаметной потери частей (Альваро Эррера)

- Устранение сбоев в особых случаях при добавлении столбцов в конец представления (Том Лейн)

- Фиксирование правильных зависимостей когда представление или правило содержит узлы выражения `FieldSelect` или `FieldStore` (Том Лейн)

  В отсутствие этих зависимостей команда `DROP` со столбцом или типом данных может выполниться, когда не должна, что вызовет ошибки при последующем использовании представления или правила. Данное исправление не защищает существующие представления/правила, а повлияет только на создаваемые в будущем.

- Правильное определение хешируемости диапазонных типов данных (Том Лейн)

  Планировщик ошибочно полагал, что любой диапазонный тип может хешироваться для использования в соединениях или агрегировании по хешу, но на самом деле он должен проверять, поддерживает ли хеширование подтип диапазона. Это не касается встроенных диапазонных типов, так как все они всё равно хешируемые.

- Игнорирование узлов выражений `RelabelType` должным образом при рассмотрении статистики по функциональным зависимостям (Дэвид Роули)

  Это позволяет, например, правильно использовать расширенную статистику по столбцам `varchar`.

- Предотвращение разделения информации переходного состояния между сортирующими агрегатными функциями (Дэвид Роули)

  Вследствие этого разделения возникали сбои во встроенных сортирующих агрегатах и могли также возникать в подобных пользовательских функциях. Начиная с версии 11, предусмотрены средства для надёжной защиты от таких случаев, а в ветвях стабильных выпусков просто отключена оптимизация.

- Недопущение игнорирования значения `idle_in_transaction_session_timeout`, если до этого произошёл таймаут оператора (`statement_timeout`) (Лукас Фиттл)

- Устранение маловероятной потери сообщений NOTIFY вследствие зацикливания идентификаторов транзакций (Марко Тиккая, Том Лейн)

  Если в сеансе не выполнялись никакие запросы, то есть он просто ждал уведомлений и за это время прошло более 2 миллиардов транзакций, он начинал пропускать уведомления от параллельно фиксируемых транзакций.

- Уменьшение частоты запросов на сброс данных в процессе копирования файлов во избежание проблем с производительностью в macOS, в частности с новой файловой системой APFS (Том Лейн)

- Реализована возможность использовать режим FREEZE команды COPY на уровне изоляции транзакций REPEATABLE READ или выше (Ной Миш)

  Этот сценарий использования был непреднамеренно потерян вследствие предыдущего исправления ошибки.

- Исправление функции AggGetAggref(), чтобы возвращались корректные узлы Aggref для функций завершения агрегатов с объединёнными промежуточными вычислениями (Том Лейн)

- Исправление нечётких указаний схемы в некоторых новых запросах в pg_dump и psql (Виталий Буровой, Том Лейн, Ной Миш)

- Уход от использования оператора @> в запросах psql для команды \d (Том Лейн)

  Это предотвращает проблемы, возникающие при установке расширения parray_gin, так как в нём определён конфликтующий оператор.

- Исправление в pg_basebackup сравнения путей табличных пространств посредством приведения путей к канонической форме (Микаэль Пакье)

  Это особенно полезно в Windows.

- Исправление libpq, чтобы для её работы не требовалось существование домашнего каталога пользователя (Том Лейн)

  В версии 10 невозможность найти домашний каталог при попытке прочитать ~/.pgpass считалась критической ошибкой, но эта ситуация должна обрабатываться так же, как и отсутствие данного файла. И в версии 10, и в ветвях предыдущих выпусков была допущена та же ошибка при чтении ~/.pg_service.conf, хотя это было менее очевидно, так как данный файл использовался только при указании имени службы.

- В ecpglib исправлена обработка обратной косой черты в строковых константах в зависимости от значения standard_conforming_strings (Такаюки Цунакава)

- Игнорирование в ecpglib дробной части при вводе целочисленных значений в режиме совместимости с Informix (Гао Цзэнци, Михаэль Мескес)

- Добавление отсутствующего предварительного требования temp-install для целей типа check в Make (Ной Миш)

  Некоторые невыполняемые по умолчанию тестовые процедуры, подобные make check, не проверяли актуальность временной инсталляции.

- Обновление данных часовых поясов до версии tzdata 2017c, включающее изменения правил перехода на летнее время на Фиджи, в Намибии, Серверном Кипре, Судане, Тонга и на островах Теркс и Кайкос, плюс корректировку исторических данных для Аляски, Апии, Бирмы, Калькутты, Детройта, Ирландии, Намибии и Паго-Паго.

- В документации для HTML-якорей восстановлен верхний регистр (Питер Эйзентраут)

  Вследствие изменений инструментария в документации 10.0 для внутренних HTML-якорей был изменён регистр строк, что привело к повреждению некоторых внешних ссылок на документацию на нашем сайте. Поэтому было решено вернуться к предыдущему стилю со строками в верхнем регистре.

# E.12. Выпуск 10

**Дата выпуска:** 2017-10-05

## E.12.1. Обзор

В число ключевых усовершенствований PostgreSQL 10 входят:

- Логическая репликация по схеме публикации/подписки
- Декларативное секционирование таблиц
- Улучшение распараллеливания запросов
- Значительное увеличение общей производительности
- Более сильная защита паролей с использованием SCRAM-SHA-256
- Улучшенные средства мониторинга и управления

Предыдущие пункты более подробно описаны в следующих разделах.

## E.12.2. Миграция на версию 10

Тем, кто хочет мигрировать данные из любой предыдущей версии, необходимо выполнить выгрузку/загрузку данных с помощью pg_dumpall или воспользоваться pg_upgrade.

В версии 10 реализован ряд изменений, которые могут повлиять на совместимость с предыдущими выпусками. Примите к сведению следующие несовместимости:

- После обновления с помощью pg_upgrade с любой предыдущей основной версии PostgreSQL необходимо перестроить хеш-индексы (Митхун Сай, Роберт Хаас, Амит Капила)

  Необходимость данного требования продиктована значительным усовершенствованием механизма хеш-индексов. Для облегчения задачи переиндексации pg_upgrade создаст вспомогательный скрипт.

- Переименование каталога с журналом предзаписи из `pg_xlog` в `pg_wal`, а также переименование каталога с информацией о состоянии транзакций из `pg_clog` в `pg_xact` (Микаэль Пакье)

  Старые имена неоднократно вводили пользователей в заблуждение — пользователи думали, что эти каталоги содержат только несущественные файлы журналов, и вручную удаляли файлы журналов предзаписи или состояния транзакций, что приводило к необратимой потере данных. Эти переименования призваны предотвратить такие ошибки в будущем.

- Замена в именах функций SQL, утилит и параметров всех упоминаний «xlog» на «wal» (Роберт Хаас)

  Например, имя `pg_switch_xlog()` поменялось на `pg_switch_wal()`, pg_receivexlog — на pg_receivewal, а `--xlogdir` — на `--waldir`. Это было сделано вместе с переименованием каталога `pg_xlog` для согласованности; и вообще термин «xlog» теперь нигде не может встретиться пользователю.

- Замена в связанных с WAL функциях и представлениях `location` на `lsn` (Дэвид Роули)

  Ранее имело место несогласованное употребление обоих терминов.

- Изменение реализации функций, возвращающих множества, в списке `SELECT` (Андрес Фройнд)

  Функции, возвращающие множества, теперь вычисляются до вычисления скалярных выражений в списке `SELECT`, практически так же, как если бы они были помещены в предложение `LATERAL FROM`. Это даёт более понятное поведение в случаях, когда присутствуют несколько таких функций. Если они возвращают разное количество строк, все результаты дополняются до наибольшего количества строк значениями NULL. Ранее результаты обрабатывались в

цикле, пока все функции не завершались, и в результате получалось количество строк, равное наименьшему общему кратному периодов функций. Кроме того, функции, возвращающие множества, теперь нельзя использовать в конструкциях `CASE` и `COALESCE`. За дополнительными сведениями обратитесь к Подразделу 37.4.8.

- Использование стандартного синтаксиса конструктора строки в `UPDATE ... SET (`*`список_столбцов`*`) = `*`конструктор_строки`* (Том Лейн)

  Теперь *`конструктор_строки`* может начинаться со слова `ROW`; ранее его надо было опускать. Если в *`списке_столбцов`* фигурирует имя только одного столбца, *`конструктор_строки`* должен использовать ключевое слово `ROW`, так как иначе он не будет корректным конструктором строки, а будет восприниматься как выражение в скобках. Также запись *`имя_таблицы`*`.*` в *`конструкторе_строки`* теперь разворачивается в набор столбцов, как и в других случаях использования *`конструктора_строки`*.

- Когда `ALTER TABLE ... ADD PRIMARY KEY` помечает столбцы как `NOT NULL`, это изменение теперь распространяется также на дочерние таблицы в иерархии наследования (Микаэль Пакье)

- Предотвращение срабатывания триггеров уровня оператора более одного раза для одного оператора (Том Лейн)

  В случаях, когда пишущие CTE изменяли одну таблицу, изменяемую внешним оператором либо другими пишущими CTE, триггеры `BEFORE STATEMENT` и `AFTER STATEMENT` вызывались неоднократно. Также, если в таблице были определены триггеры уровня оператора, в результате действий для обеспечения целостности внешнего ключа (например, `ON DELETE CASCADE`), они могли вызываться несколько раз для одного внешнего SQL-оператора. Это поведение противоречит стандарту SQL и было исправлено.

- Перемещение полей метаданных последовательностей в новый системный каталог `pg_sequence` (Питер Эйзентраут)

  Отношение последовательности содержит теперь только поля, которые могут быть изменены функцией `nextval()`, то есть `last_value`, `log_cnt` и `is_called`. Другие свойства последовательности, такие как начальное значение и шаг увеличения, сохраняются в соответствующей строке в каталоге `pg_sequence`. Действие `ALTER SEQUENCE` теперь полностью транзакционное и, как следствие, блокирует последовательность до фиксации транзакции. Функции `nextval()` и `setval()` остаются нетранзакционными.

  Основная несовместимость, привнесённая этим изменением, состоит в том, что из отношения последовательности теперь можно прочитать только три поля, перечисленные выше. Чтобы получить другие свойства последовательности, приложения должны обратиться к `pg_sequence`. Также для этого можно использовать новое системное представление `pg_sequences`; оно выдаёт столбцы с именами, более подходящими для существующего кода.

  Кроме того, последовательности, созданные для столбцов `SERIAL`, теперь генерируют 32-битные значения, тогда как предыдущие версии генерировали 64-битные. Это отличие никак не проявляется, если значения просто сохраняются в столбце.

  Переработан и вывод команды psql `\d` для последовательностей.

- Передача по умолчанию программой pg_basebackup данных WAL, необходимых для восстановления резервной копии (Магнус Хагандер)

  При этом в pg_basebackup подразумеваемое значение `-X`/`--wal-method` меняется на `stream`. Для воспроизведения старого поведения был добавлен вариант значения `none`. Параметр pg_basebackup `-x` был удалён (используйте вместо него `-X fetch`).

- Изменение записей логической репликации в `pg_hba.conf` (Питер Эйзентраут)

  В предыдущих версиях для соединения логической репликации требовалось указать `replication` в столбце базы данных. С этого выпуска логической репликации соответствует

обычная запись с именем базы данных или ключевым словом, например, `all`. Для физической репликации по-прежнему используется ключевое слово `replication`. Так как встроенная логическая репликация появилась только в этом выпуске, это изменение может затронуть только пользователей сторонних средств логической репликации.

- Все действия в pg_ctl по умолчанию должны ожидать завершения операции (Питер Эйзентраут)

  Ранее некоторые действия pg_ctl не ждали завершения и для ожидания требовалось использовать ключ `-w`.

- Изменение значения по умолчанию серверного параметра log_directory с `pg_log` на `log` (Андреас Карлссон)

- Добавление параметра конфигурации ssl_dh_params_file для указания имени файла с нестандартными параметрами OpenSSL DH (Хейкки Линнакангас)

  Тем самым заменяется жёстко заданное и недокументированное имя файла `dh1024.pem`. Заметьте, что файл `dh1024.pem` по умолчанию больше не обрабатывается; вы должны задать этот параметр, если хотите использовать свои параметры DH.

- Увеличение размера стандартных параметров DH, используемых для эфемерных DH-шифров OpenSSL, до 2048 бит (Хейкки Линнакангас)

  Размер предопределённых в коде параметров DH был увеличен с 1024 до 2048 бит, так что обмен ключами DH стал более устойчивым к подбору шифра. Однако некоторые старые реализации SSL, в частности некоторые ревизии Java Runtime Environment версии 6, не принимают параметры DH длиннее 1024 бит и, таким образом, не смогут подключиться через SSL. Если вам необходимо поддерживать такие старые клиенты, вы можете использовать нестандартные параметры DH размером 1024 бита вместо предопределённых параметров по умолчанию. См. ssl_dh_params_file.

- Ликвидация возможности хранения незашифрованных паролей на сервере (Хейкки Линнакангас)

  Серверный параметр password_encryption больше не поддерживает значения `off` и `plain`. Вариант `UNENCRYPTED` также теперь не поддерживается в командах `CREATE/ALTER USER ... PASSWORD`. Аналогично был удалён ключ `--unencrypted` команды createuser. Незашифрованные пароли, перенесённые из старых версий, в этой версии будут храниться в зашифрованном виде. Значением по умолчанию параметра `password_encryption` остаётся `md5`.

- Добавление серверных параметров min_parallel_table_scan_size и min_parallel_index_scan_size для управления параллельными запросами (Амит Капила, Роберт Хаас)

  Они заменяют переменную `min_parallel_relation_size`, которая была слишком общей.

- Не заключённый в кавычки текст в shared_preload_libraries и связанных серверных параметрах не должен переводиться в нижний регистр (Куэль Чжо)

  Эти параметры на самом деле представляют собой списки имён файлов, но ранее они воспринимались как списки SQL-идентификаторов и обрабатывались по другим правилам.

- Удаление серверного параметра `sql_inheritance` (Роберт Хаас)

  При выключенном значении этого параметра запросы, обращающиеся к родительским таблицам, перестают учитывать дочерние. Однако стандарт SQL требует, чтобы они учитывались, и это поведение было принято по умолчанию в PostgreSQL 7.1.

- Реализация возможности передавать многомерные массивы в функции на PL/Python и возвращать вложенные списки Python (Алексей Грищенко, Дэйв Крамер, Хейкки Линнакангас)

  Это изменение потребовало нарушить обратную совместимость в части обработки массивов составных типов в PL/Python. Раньше можно было вернуть массив составных типов как

`[[col1, col2], [col1, col2]]`; но теперь это будет интерпретироваться как двухмерный массив. Составные типы в массивах для однозначности должны возвращаться теперь в виде кортежей Python, а не в виде списков. То есть предыдущую запись нужно заменить на `[(col1, col2), (col1, col2)]`.

- Удаление механизма автозагрузки «модулей» PL/Tcl (Том Лейн)

  На замену этой функциональности пришли новые серверные параметры pltcl.start_proc и pltclu.start_proc, которые проще в использовании и дают возможности, подобные имеющимся в других языках программирования.

- Ликвидация поддержки выгрузки данных с серверов до 8.0 утилитами pg_dump/pg_dumpall (Том Лейн)

  Пользователям, которым нужно выгрузить данные с серверов до 8.0, остаётся использовать dump из PostgreSQL версии 9.6 или старее. Выгруженные этими версиями данные должны успешно загружаться на новых серверах.

- Ликвидация поддержки хранения даты/времени и интервалов в виде чисел с плавающей точкой (Том Лейн)

  Параметр configure `--disable-integer-datetimes` был удалён. Использование для таких значений чисел с плавающей точкой не давало значимых преимуществ и не было вариантом по умолчанию, начиная с PostgreSQL 8.3.

- Ликвидация поддержки сервером клиент-серверного протокола версии 1.0 (Том Лейн)

  Этот протокол не поддерживался клиентами со времён PostgreSQL 6.3.

- Удаление модуля `contrib/tsearch2` (Роберт Хаас)

  Этот модуль обеспечивал совместимость с версией полнотекстового поиска, которая поставлялась с серверами PostgreSQL до версии 8.3.

- Ликвидация приложений командной строки createlang и droplang (Питер Эйзентраут)

  Они перешли в разряд устаревших в PostgreSQL 9.1. Вместо них можно непосредственно использовать команды `CREATE EXTENSION` и `DROP EXTENSION`.

- Ликвидация поддержки вызовов функций версии 0 (Андрес Фройнд)

  Расширения, предоставляющие функции, реализованные на C, теперь должны использовать соглашение о вызовах версии 1. Версия 0 считалась устаревшей с 2001 года.

## E.12.3. Изменения

Ниже вы найдёте подробный список изменений, произошедших между предыдущим основным выпуском и PostgreSQL 10.

### E.12.3.1. Сервер

#### E.12.3.1.1. Параллельное выполнение запросов

- Поддержка параллельного сканирования индексов типа B-дерево (Рахила Сьед, Амит Капила, Роберт Хаас, Рафия Сабих)

  Благодаря этому поиск в страницах индекса-B-дерева могут производить параллельно несколько рабочих процессов.

- Поддержка параллельного сканирования кучи по битовой карте (Дилип Кумар)

  Это позволяет распределить одно сканирование индекса между параллельными исполнителями, обрабатывающими разные области кучи.

- Реализована возможность выполнения соединения слиянием в параллельном режиме (Дилип Кумар)
- Реализована возможность выполнения несвязанных запросов в параллельном режиме (Амит Капила)
- Улучшение возможности параллельных процессов возвращать ранее отсортированные данные (Рушаб Латиа)
- Расширение использования параллельных запросов в функциях процедурных языков (Роберт Хаас, Рафия Сабих)
- Добавление серверного параметра max_parallel_workers для ограничения числа рабочих процессов, которые могут использоваться для распараллеливания запросов (Жюльен Руо)

  Значение этого параметра можно сделать меньше max_worker_processes, чтобы зарезервировать рабочие процессы для других целей, кроме параллельных запросов.
- Включение распараллеливания по умолчанию (значение по умолчанию параметра max_parallel_workers_per_gather стало равно `2`).

#### E.12.3.1.2. Индексы

- Добавление регистрации в журнале предзаписи операций с хеш-индексами (Амит Капила)

  В результате хеш-индексы становятся отказоустойчивыми и пригодными к репликации. Прежнее предостережение относительно их использование удалено.
- Улучшение производительности хеш-индекса (Амит Капила, Митхун Сай, Ашутош Шарма)
- Добавление поддержки индексов SP-GiST для типов данных `INET` и `CIDR` (Эмре Хасегели)
- Добавление параметра для включения более активного вычисления сводных данных индекса BRIN (Альваро Эррера)

  Новый параметр `CREATE INDEX` позволяет автоматически обновлять сводную запись для предыдущей зоны страниц BRIN при создании новой зоны.
- Добавление функций для удаления и повторного добавления сводных записей BRIN для зон индекса BRIN (Альваро Эррера)

  Новая SQL-функция `brin_summarize_range()` обновляет сводные записи индекса BRIN для определённой зоны, а `brin_desummarize_range()` удаляет их. Это полезно для обновления данных зоны, которая стала меньше в результате действия команд `UPDATE` и `DELETE`.
- Более точный расчёт выгоды от применения сканирования по индексу BRIN (Дэвид Роули, Эмре Хасегели)
- Ускорение операций добавления и изменения записей в GiST благодаря более эффективному использованию пространства индекса (Андрей Бородин)
- Минимизация блокировок страниц при очистке индексов GIN (Андрей Бородин)

#### E.12.3.1.3. Блокировки

- Сокращение блокировок, необходимых для изменения параметров таблиц (Саймон Риггс, Фабрицио де Ройес Мелло)

  Например, изменить параметр effective_io_concurrency для таблицы теперь можно с более лёгкой блокировкой.
- Реализация регулировки пределов для повышения уровня предикатных блокировок (Дагфинн Ильмари Маннсакер)

  Повышением уровня блокировок теперь можно управлять с помощью двух новых параметров сервера, max_pred_locks_per_relation и max_pred_locks_per_page.

#### E.12.3.1.4. Оптимизатор

- Добавление статистики по нескольким столбцам, позволяющей вычислять коэффициент корреляции и число различных значений (Томаш Вондра, Дэвид Роули, Альваро Эррера)

  Появились новые команды: CREATE STATISTICS, ALTER STATISTICS и DROP STATISTICS. Это полезно для оценки использования памяти запросом и для консолидации статистики по отдельным столбцам.

- Увеличение производительности запросов, сталкивающихся с ограничениями безопасности на уровне строк (Том Лейн)

  Теперь оптимизатор лучше понимает, куда можно поместить условия фильтра RLS, благодаря чему он может строить лучшие планы, при этом гарантируя выполнение условий RLS.

#### E.12.3.1.5. Общая производительность

- Ускорение агрегатных функций, которые вычисляют сумму с накоплением, используя арифметику типа numeric, включая некоторые вариации SUM(), AVG() и STDDEV() (Хейкки Линнакангас)
- Увеличение скорости преобразований кодировок символов с использованием цифровых деревьев (Кётаро Хоригути, Хейкки Линнакангас)
- Уменьшение издержек вычисления выражений при выполнении запросов, а также издержек обращения к узлу плана (Андрес Фройнд)

  Это особенно полезно для запросов, обрабатывающих множество строк.

- Возможность использования агрегирования по хешу при обработке наборов группирования (Эндрю Гирт)
- Использование гарантий уникальности для оптимизации определённых типов соединений (Дэвид Роули)
- Ускорение сортировки типа данных macaddr (Брандур Лич)
- Сокращение издержек на отслеживание статистики в сеансах, когда задействуются тысячи отношений (Александр Алексеев)

#### E.12.3.1.6. Мониторинг

- Возможность явного управления отображением командой EXPLAIN времени планирования и выполнения (Ашутош Бапат)

  По умолчанию время планирования и выполнения выводится командой EXPLAIN ANALYZE и не выводится в других случаях. Явно управлять этим позволяет новый параметр SUMMARY команды EXPLAIN.

- Добавлены новые стандартные роли для мониторинга (Дейв Пейдж)

  Новые роли pg_monitor, pg_read_all_settings, pg_read_all_stats и pg_stat_scan_tables позволяют упростить конфигурацию разрешений.

- Исправление передачи информации сборщику статистики во время REFRESH MATERIALIZED VIEW (Джим Млодженски)

##### E.12.3.1.6.1. Ведение журнала

- Изменение префикса log_line_prefix, чтобы по умолчанию все строки журнала postmaster содержали текущее время (с миллисекундами) и идентификатор процесса (Кристоф Берг)

  Ранее префикс по умолчанию был пустым.

- Добавление функций для получения содержимого каталогов журнала сообщений и WAL (Дейв Пейдж)

Новые функции называются соответственно pg_ls_logdir() и pg_ls_waldir() и могут выполняться не только суперпользователями (при наличии достаточных разрешений).

- Добавление функции pg_current_logfile() для чтения имён текущих файлов, в которые сборщик сообщений выводит потоки stderr и csvlog (Жиль Даролд)
- Вывод в журнал сервера адреса и номера порта для каждого принимающего соединения сокета при запуске postmaster (Том Лейн)

  Также добавление в сообщение об ошибке привязки к определённому сокету адреса этого сокета.
- Устранение лишних сообщений о запуске и остановке подпроцессов запускающего процесса (Том Лейн)

  Теперь уровень этих сообщений понижен до DEBUG1.
- Уменьшение уровня важности сообщений для уровней отладки, контролируемых параметром log_min_messages (Роберт Хаас)

  Это затрагивает также сообщения отладочных уровней client_min_messages.

#### E.12.3.1.6.2. Представление pg_stat_activity

- Добавление в pg_stat_activity информации о состоянии низкоуровневых ожиданий (Микаэль Пакье, Роберт Хаас)

  Это позволяет отслеживать множество событий ожидания на низком уровне, включая ожидания защёлок, записи/чтения/сброса файлов, чтения/записи со стороны клиента и синхронной репликации.
- Отображение в pg_stat_activity вспомогательных и фоновых рабочих процессов, а также процессов-передатчиков WAL (Кунтал Гхош, Микаэль Пакье)

  Это упрощает мониторинг. Тип процесса обозначается в новом столбце backend_type.
- В pg_stat_activity реализовано отображение SQL-запросов, выполняемых параллельными исполнителями (Рафия Сабих)
- Переименование в pg_stat_activity.wait_event_type значений LWLockTranche и LWLockNamed в LWLock (Роберт Хаас)

  Это делает вывод более согласованным.

### E.12.3.1.7. Аутентификация

- Добавление поддержки SCRAM-SHA-256 для проверки и хранения паролей (Микаэль Пакье, Хейкки Линнакангас)

  Это обеспечивает лучшую безопасность по сравнению с существующим методом md5.
- Изменение типа серверного параметра password_encryption с boolean на enum (Микаэль Пакье)

  Это потребовалось для поддержки различных вариантов хеширования паролей.
- Добавление представления pg_hba_file_rules для просмотра содержимого pg_hba.conf (Харибабу Комми)

  Это представление показывает содержимое файла, а не действующие в данный момент параметры.
- Поддержка нескольких серверов RADIUS (Магнус Хагандер)

  Все связанные с RADIUS параметры теперь стали множественными и принимают список серверов через запятую.

#### E.12.3.1.8. Конфигурация сервера

- Возможность обновления конфигурации SSL при перезагрузке конфигурации (Андреас Карлссон, Том Лейн)

  Это позволяет переконфигурировать SSL без перезапуска сервера, используя `pg_ctl reload`, `SELECT pg_reload_conf()` или отправив сигнал `SIGHUP`. Однако, перезагрузка конфигурации SSL не сработает, если для использования SSL-ключа сервера требуется пароль, так как никакой возможности запросить его нет. В этом случае главный процесс (postmaster) продолжит использовать изначальную конфигурацию, пока не будет перезапущен.

- Устранение практического предела для максимального значения bgwriter_lru_maxpages (Джим Нэсби)

#### E.12.3.1.9. Надёжность

- После создания или удаления файлов следует выполнять fsync для каталога их содержащего (Микаэль Пакье)

  Это сокращает риск потери данных при отключении питания.

##### E.12.3.1.9.1. Журнал предзаписи (WAL)

- Предотвращение ненужных контрольных точек и архивации WAL в простаивающих системах (Микаэль Пакье)
- Добавление серверного параметра wal_consistency_checking для внесения в WAL информации, позволяющей проверять целостность на ведомом сервере (Кунтал Гхош, Роберт Хаас)

  В случае выявления любого нарушения при проверке целостности на ведомом сервере выдаётся критическая ошибка.

- Увеличение максимально допустимого размера сегмента WAL до одного гигабайта (Бина Эмерсон)

  Увеличивая размер сегментов WAL, можно сократить частоту вызова archive_command и уменьшить число файлов WAL.

### E.12.3.2. Репликация и восстановление

- Реализация возможности логически реплицировать таблицы на подчинённые серверы (Петр Желинек)

  Логическая репликация даёт большую гибкость, чем физическая; в том числе позволяет организовывать репликацию между разными основными версиями PostgreSQL, а также избирательную репликацию.

- Возможность ожидания подтверждения фиксации от ведомых серверов вне зависимости от их порядка в списке synchronous_standby_names (Масахико Савада)

  Ранее сервер всегда ожидал ответа от активных ведомых серверов, стоящих первыми в списке `synchronous_standby_names`. Новое ключевое слово `ANY` в `synchronous_standby_names` позволяет выбрать ожидание любого числа серверов, вне зависимости от их порядка. Это называется фиксацией на основе кворума.

- Упрощение изменений конфигурации, которые необходимо внести для организации потокового копирования и репликации (Магнус Хагандер, Дан Мин Хыонг)

  В частности, были изменены значения по умолчанию для параметров wal_level, max_wal_senders, max_replication_slots и hot_standby, чтобы они были пригодны для такого использования в исходном состоянии.

- По умолчанию репликация разрешается для локальных подключений в `pg_hba.conf` (Микаэль Пакье)

Ранее строки для соединений репликации в pg_hba.conf по умолчанию были закомментированы. Это особенно полезно для pg_basebackup.

- Добавление в pg_stat_replication столбцов с информацией о задержках репликации (Томас Мунро)

  Новые столбцы называются write_lag, flush_lag и replay_lag.

- Возможность указания точки остановки восстановления по LSN (последовательному номеру в журнале) в recovery.conf (Микаэль Пакье)

  Ранее точку остановки можно было задать только по времени или идентификатору транзакции.

- Предоставление пользователям возможности отключить в функции pg_stop_backup() ожидание архивации всех файлов WAL (Дэвид Стил)

  Этим поведением управляет необязательный второй аргумент функции pg_stop_backup().

- Возможность создания временных слотов репликации (Петр Желинек)

  Временные слоты автоматически удаляются при завершении сеанса или при ошибке.

- Увеличение производительности воспроизведения в режиме горячего резерва благодаря оптимизации обработки исключительных блокировок (Саймон Риггс, Дэвид Роули)

- Ускорение восстановления при двухфазной фиксации (Стас Кельвич, Никхил Сонтакке, Микаэль Пакье)

### E.12.3.3. Запросы

- Добавление функции XMLTABLE, преобразующей данные в формате XML в набор табличных строк (Павел Стехуле, Альваро Эррера)

- Исправление обработки в регулярных выражениях классов символов для символов с большими кодами, в частности, для символов Unicode больше U+7FF (Том Лейн)

  Ранее такие символы никогда не воспринимались как принадлежащие классам, зависящим от локали, например [[:alpha:]].

### E.12.3.4. Служебные команды

- Добавление синтаксиса секционирования для автоматического создания ограничений секций и распределения операций добавления и изменения кортежей (Амит Ланготе)

  Этот синтаксис поддерживает секционирование по спискам и по диапазонам.

- Добавление для триггеров AFTER переходных таблиц, содержащих изменённые строки (Кевин Гриттнер, Томас Мунро)

  Содержимое переходных таблиц доступно в триггерах, написанных на языках программирования на стороне сервера.

- Реализация ограничительных политик защиты на уровне строк (Стивен Фрост)

  Ранее все политики были разрешительными, то есть при выполнении условия любой политики доступ разрешался. Но теперь при невыполнении ограничительной политики доступ будет запрещён. Эти типы политик можно комбинировать вместе.

- При создании ограничения внешнего ключа разрешение REFERENCES должно требоваться только для целевой таблицы (Том Лейн)

  Ранее также требовалось разрешение REFERENCES в таблице внешнего ключа. Это требование было реализовано из-за недопонимания SQL-стандарта. Так как для создания в таблице огра-

ничения внешнего ключа (или подобного) требуются иметь права владельца этой таблицы, дополнительное требование разрешения REFERENCES кажется довольно бессмысленным.

- Реализация прав по умолчанию для схем (Матеус Оливейра)

  Эти права задаются командой ALTER DEFAULT PRIVILEGES.

- Добавление команды CREATE SEQUENCE AS для создания последовательностей определённого целочисленного типа данных (Питер Эйзентраут)

  Это упрощает создание последовательностей с интервалом значений, соответствующим типу базовых столбцов.

- Поддержка команды COPY *представление* FROM *источник* для представлений с триггерами INSTEAD INSERT (Харибабу Комми)

  Триггеры получают строки данных, которые читает команда COPY.

- Допущение указания имени функции без аргументов в командах DDL, если это имя уникально (Питер Эйзентраут)

  Например, теперь допускается указание DROP FUNCTION с именем функции без аргументов, если существует только одна функция с таким именем. Такое поведение требуется стандартом SQL.

- Реализация возможности удалять несколько функций, операторов и агрегатов одной командой DROP (Питер Эйзентраут)

- Поддержка предложения IF NOT EXISTS в командах CREATE SERVER, CREATE USER MAPPING и CREATE COLLATION (Анастасия Лубенникова, Питер Эйзентраут)

- Добавление в вывод VACUUM VERBOSE количества пропущенных замороженных страниц и старейшего xmin (Масахико Савада, Саймон Риггс)

  Эта информация также включается в вывод с log_autovacuum_min_duration.

- Ускорение удаления конечных пустых страниц кучи в процессе операции VACUUM (Клаудио Фрейре, Альваро Эррера)

### E.12.3.5. Типы данных

- Добавление поддержки полнотекстового поиска для типов JSON и JSONB (Дмитрий Долгов)

  С этими типами данных теперь могут использоваться функции ts_headline() и to_tsvector().

- Добавление поддержки MAC-адресов EUI-64 в виде нового типа данных macaddr8 (Харибабу Комми)

  Этот тип дополняет ранее реализованную поддержку MAC-адресов EUI-48 (тип macaddr).

- Добавление столбцов идентификации для назначения числовых значений столбцам при добавлении данных (Питер Эйзентраут)

  Этот механизм подобен столбцам SERIAL, но соответствует стандарту SQL.

- Реализация возможности переименовывать значения ENUM (Дагфинн Ильмари Маннсакер)

  Для этого используется синтаксис ALTER TYPE ... RENAME VALUE.

- Исправление обращения с псевдотипами массивов (anyarray) как с массивами в функциях to_json() и to_jsonb() (Эндрю Дунстан)

  Ранее столбцы, объявленные как anyarray, (в частности, столбцы в представлении pg_stats) преобразовывались не в массивы, а в строки JSON.

- Добавление операторов для умножения и деления значений money на значения int8 (Питер Эйзентраут)

  Ранее в таких случаях значения int8 приводились к типу float8, а затем использовались операторы money-и-float8. Новое поведение предупреждает возможную потерю точности. Но заметьте, что при делении money на int8 теперь дробная часть отбрасывается, как и в других случаях целочисленного деления, тогда как ранее происходило округление.

- Проверка переполнения в функции ввода типа money (Питер Эйзентраут)

### E.12.3.6. Функции

- Добавление упрощённой функции regexp_match() (Эмре Хасегели)

  Эта функция подобна regexp_matches(), но возвращает только результаты первого вхождения, поэтому для её результата не требуется множество, так что её удобнее использовать в простых случаях.

- Новая версия оператора удаления для jsonb, принимающая массив ключей для удаления (Магнус Хагандер)

- Реализация рекурсивной обработки объектов и массивов JSON в функции json_populate_record() и родственных ей (Никита Глухов)

  Благодаря этому изменению массивы JSON корректно преобразуются в поля-массивы в целевом типе SQL, а объекты JSON — в поля, представляющие собой составные типы. Ранее в таких случаях происходила ошибка при попытке передать строковое представление JSON-значения функциям array_in() и record_in(), так как синтаксис полученной строки не соответствовал ожидаемому этими функциями.

- Добавление функции txid_current_if_assigned(), возвращающей идентификатор текущей транзакции или NULL, если транзакции не присвоен идентификатор (Крейг Рингер)

  Этим данная функция отличается от txid_current(), которая всегда возвращает идентификатор транзакции (назначая его, если он отсутствует). Данную функцию, в отличие от неё, можно выполнять на ведомых серверах.

- Добавление функции txid_status(), проверяющей, была ли зафиксирована транзакция (Крейг Рингер)

  Это позволяет проверить после неожиданного обрыва соединения, была ли зафиксирована предыдущая транзакция, если вы просто не успели получить уведомление об этом.

- Добавление функции make_date(), интерпретирующей отрицательные числа, как годы до нашей эры (Альваро Эррера)

- Функции to_timestamp() и to_date() не должны принимать поля вне допустимых пределов (Артур Закиров)

  Например, ранее вызов to_date('2009-06-40','YYYY-MM-DD') выполнялся успешно и возвращалась дата 2009-07-10. Теперь с такими аргументами будет выдаваться ошибка.

### E.12.3.7. Языки программирования на стороне сервера

- Возможность вызывать функции cursor() и execute() в PL/Python как методы их аргумента — объекта plan (Питер Эйзентраут)

  Это позволяет придерживаться более объектно-ориентированного стиля программирования.

- Реализована возможность получать значения оператора GET DIAGNOSTICS в PL/pgSQL в элементах массива (Том Лейн)

  Ранее синтаксическое ограничение не допускало использования в качестве целевой переменной элемента массива.

#### E.12.3.7.1. PL/Tcl

- Возможность возвращать составные типы и наборы данных из функций PL/Tcl (Карл Лехенбауэр)
- Добавление команды subtransaction в PL/Tcl (Виктор Вагнер)

  Это позволяет обработать ошибку в запросах PL/Tcl, не прерывая всю функцию.
- Добавление серверных параметров pltcl.start_proc и pltclu.start_proc для указания функций инициализации, которые будут вызываться при запуске PL/Tcl (Том Лейн)

### E.12.3.8. Клиентские интерфейсы

- Реализована возможность указания нескольких адресов или имён серверов в строках подключения libpq и в строках URI (Роберт Хаас, Хейкки Линнакангас)

  Функции libpq будут подключаться к первому работоспособному узлу из этого списка.
- В строках подключения libpq и URI добавлена возможность затребовать сервер для чтения/записи, то есть ведущий, а не ведомый сервер (Виктор Вагнер, Митхун Сай)

  Это полезно при указании нескольких имён узлов. Соответствующий параметр подключения libpq — `target_session_attrs`.
- Реализована возможность задавать в параметрах подключения libpq имя файла паролей (Джулиан Маркворт)

  Ранее его можно было задать только в переменной окружения.
- Добавлена функция `PQencryptPasswordConn()`, позволяющая создавать больше видов зашифрованных паролей на стороне клиента (Микаэль Пакье, Хейкки Линнакангас)

  Ранее функцией `PQencryptPassword()` можно было создавать только пароли, зашифрованные `MD5`. Новая функция может также создавать и пароли, зашифрованные методом `SCRAM-SHA-256`.
- Изменение версии препроцессора ecpg с 4.12 на 10 (Том Лейн)

  Впредь версия ecpg будет соответствовать номеру версии дистрибутива PostgreSQL.

### E.12.3.9. Клиентские приложения

- Добавлена поддержка условных ветвлений в psql (Кори Хинкер)

  В psql появились метакоманды `\if`, `\elif`, `\else` и `\endif`. Это полезно в первую очередь для скриптов.
- Добавление в psql метакоманды `\gx` для выполнения запроса (запуска команды `\g`) в расширенном режиме (`\x`) (Кристоф Берг)
- Расширение переменных psql внутри строк, заключённых в обратные апострофы (Том Лейн)

  Это особенно полезно в новых командах условного ветвления psql.
- Недопущение установки некорректных значений для специальных переменных psql (Даниэль Верите, Том Лейн)

  Ранее, если какой-либо специальной переменной psql присваивалось некорректное значение, оно просто игнорировалось и применялось поведение по умолчанию. Теперь `\set` со специальной переменной выдаст ошибку при недопустимом новом значении. В виде особого исключения `\set` с пустым или без нового значения по-прежнему действует как присвоение переменной значения `on`; но теперь в переменной действительно оказывается это значение, а не пустая строка. Команда `\unset` со специальной переменной теперь действительно сбрасывает

переменную так, что она получает значение по умолчанию, то есть то значение, которая она имела при запуске. В итоге управляющая переменная теперь всегда имеет отображаемое значение, отражающее, что фактически делает psql.

- Добавление переменных, показывающих версию сервера и psql (Фабьен Коэльо)
- Добавление в команды `\d` (показать отношение) и `\dD` (показать домен) вывода правила сортировки, допустимости NULL и свойств по умолчанию в отдельных столбцах (Питер Эйзентраут)

  Ранее вся эта информация выводилась в одном столбце «Модификаторы».
- Унификация поведения команд `\d` в случаях, когда запрошенный объект не найден (Даниэль Густафссон)

  Теперь все они выводят сообщения об этом в stderr, а не в stdout, и текст сообщения стал более единообразным.
- Усовершенствование дополнения табуляцией в psql (Джефф Джейнс, Иэн Барвик, Андреас Карлссон, Сероп Саркуни, Томас Мунро, Кевин Гриттнер. Дагфинн Ильмари Маннсакер)
- Добавление в pgbench параметра `--log-prefix` для установки префикса файла журнала (Масахико Савада)
- Возможность разбивать метакоманды pgbench на несколько строк (Фабьен Коэльо)

  Теперь метакоманду можно продолжить на следующей строке, введя обратную косую черту перед переводом строки.
- Устранение ограничения на положение параметра `-M` по отношению к другим параметрам командной строки (Том Лейн)

### E.12.3.10. Серверные приложения

- Добавление в pg_receivewal параметра `-Z`/`--compress` для включения сжатия (Микаэль Пакье)
- Добавление в pg_recvlogical параметра `--endpos` для указания конечной позиции (Крейг Рингер)

  Этот параметр дополняет существовавший ранее параметр `--startpos`.
- Переименование параметров initdb `--noclean` и `--nosync` в `--no-clean` и `--no-sync` (Вик Фиринг, Питер Эйзентраут)

  Старое написание по-прежнему поддерживается.

#### E.12.3.10.1. pg_dump, pg_dumpall, pg_restore

- В pg_restore реализована возможность исключать схемы (Михаэль Банк)

  Для этого добавлен новый ключ `-N`/`--exclude-schema`.
- В pg_dump добавлен параметр `--no-blobs` (Гийом Леларж)

  Этот ключ отключает выгрузку больших объектов.
- В pg_dumpall добавлен ключ `--no-role-passwords` для отказа от чтения паролей ролей (Робинс Таракан, Саймон Риггс)

  Это позволяет использовать pg_dumpall не только суперпользователям; без этого ключа pg_dumpall пытается прочитать пароли, а обычным пользователям это не разрешается.
- Поддержка использования синхронных снимков при выгрузке данных с ведомого сервера (Петр Желинек)
- Выполнение `fsync()` (синхронизации с ФС) для файлов, записываемых утилитами pg_dump и pg_dumpall (Микаэль Пакье)

Это позволяет более уверенно гарантировать, что выгруженные файлы безопасно сохранены на диске, до завершения работы программы. Это поведение можно отключить новым ключом `--no-sync`.

- В pg_basebackup реализована возможность передавать журнал предзаписи в режиме tar (Магнус Хагандер)

  Содержимое WAL будет храниться в отдельном от основной копии файле tar.
- Использование в pg_basebackup временных слотов репликации (Магнус Хагандер)

  Временные слоты репликации будут задействоваться по умолчанию, когда pg_basebackup использует передачу WAL с параметрами по умолчанию.
- Более аккуратное выполнение синхронизации с ФС везде, где это требуется в pg_basebackup и pg_receivewal (Микаэль Пакье)
- Добавление в pg_basebackup ключа `--no-sync` для отключения синхронизации с ФС (Микаэль Пакье)
- Улучшение обработки в pg_basebackup пропускаемых каталогов (Дэвид Стил)
- Добавление параметра ожидания для операции повышения роли в pg_ctl (Питер Эйзентраут)
- Добавление длинных ключей для работы pg_ctl с ожиданием (`--wait`) и без ожидания (`--no-wait`) (Вик Фиринг)
- Добавление длинного ключа для параметров, которые pg_ctl передаёт серверу (`--options`) (Питер Эйзентраут)
- В ожидании готовности сервера команда `pg_ctl start --wait` должна наблюдать за `postmaster.pid`, а не пытаться установить подключение (Том Лейн)

  Процесс postmaster теперь может сигнализировать о своей готовности принимать подключения в файле `postmaster.pid`, и pg_ctl теперь проверяет этот файл, чтобы определить, что сервер запущен. Этот метод эффективнее и надёжнее старого, а кроме того он избавляет от сообщений о неудавшихся попытках подключения при запуске.
- Уменьшение времени реакции pg_ctl в ожидании запуска/остановки процесса postmaster (Том Лейн)

  Теперь pg_ctl проверяет изменения состояния postmaster не один (как раньше), а десять раз в секунду.
- Возврат ненулевого кода состояния при выходе pg_ctl, если ожидаемая операция не завершилась за отведённое время (Питер Эйзентраут)

  Теперь операции `start` и `promote` возвращают в таких случаях код состояния 1, а не 0. Операция `stop` делала это всегда.

### E.12.3.11. Исходный код

- Переход на нумерацию версий с двумя компонентами (Питер Эйзентраут, Том Лейн)

  Номера выпусков теперь состоят из двух частей (например, `10.1`), а не из трёх (например, `9.6.3`). Основные версии теперь будут увеличивать только первое число, а корректирующие выпуски — только второе. В названии ветвей выпусков будет включаться только одно число (например, `10` вместо `9.6`). Это изменение произведено для того, чтобы пользователям было понятнее, что есть основная, а что — дополнительная версия PostgreSQL.
- Улучшение поведения pgindent (Пётр Стефаняк, Том Лейн)

  Мы перешли на новую версию pg_bsd_indent, включающую последние усовершенствования из проекта FreeBSD. В результате устранено множество мелких ошибок, которые приводили к

странным решениям относительно форматирования кода C. Одно из самых заметных изменений — строки в скобках (например, вызов функции, записанный в нескольких строках) теперь единообразно выравниваются по открывающей скобке, даже если в результате код будет выходить за правую границу.

- Возможность использования библиотеки ICU для поддержки правил сортировки (Питер Эйзентраут)

  Библиотека ICU реализует версионирование, что позволяет выявлять изменения правил сортировки от версии к версии. Она подключается параметром configure `--with-icu`. По умолчанию для сортировки по-прежнему используется встроенная библиотека операционной системы.

- Автоматическое добавление для всех функций `PG_FUNCTION_INFO_V1` пометки `DLLEXPORT` в Windows (Лауренц Альбе)

  Если сторонний код использует объявления функций с характеристикой `extern`, они также должны иметь пометки `DLLEXPORT` в этих объявлениях.

- Ликвидация ставших ненужными SPI-функций `SPI_push()`, `SPI_pop()`, `SPI_push_conditional()`, `SPI_pop_conditional()` и `SPI_restore_connection()` (Том Лейн)

  Теперь их функциональность реализуется автоматически. Сейчас остались пустые макросы с такими именами (чтобы не требовалось немедленно обновлять внешние модули), но в конце концов их вызовы должны быть удалены.

  Побочным эффектом этого изменения стало то, что `SPI_palloc()` и родственные функции теперь требуют активного SPI-подключения; их действие не сводится к простому `palloc()`, если его нет. Предыдущее такое поведение оказалось не очень полезным и было чревато неожиданными утечками памяти.

- Возможность динамического выделения разделяемой памяти (Томас Мунро, Роберт Хаас)
- Добавление механизма выделения памяти, подобного slab, для эффективного выделения памяти фиксированного размера (Томаш Вондра)
- Использование семафоров POSIX вместо SysV в Linux и FreeBSD (Том Лейн)

  Это снимает некоторые присущие платформе лимиты на использование семафоров SysV.

- Улучшение поддержки 64-битных атомарных операций (Андрес Фройнд)
- Использование 64-битных атомарных операций на платформе ARM64 (Роман Шапошник)
- Переход к использованию функции `clock_gettime()`, если она доступна, для замеров длительности (Том Лейн)

  Если `clock_gettime()` недоступна, по-прежнему будет использоваться `gettimeofday()`.

- Добавление более надёжных генераторов случайных чисел для криптографического использования (Магнус Хагандер, Микаэль Пакье, Хейкки Линнакангас)

  Если надёжный генератор случайных чисел не обнаруживается, процедура configure прервётся, если только дополнительно не передать ключ `--disable-strong-random`. Однако с этим ключом функции pgcrypto, которым требуется надёжный генератор случайных чисел, будут отключены.

- В функции `WaitLatchOrSocket()` налажено ожидание подключения сокета в Windows (Андрес Фройнд)
- Функции `tupconvert.c` более не преобразуют кортежи только для того, чтобы включить в них другой OID составного типа (Ашутош Бапат, Том Лейн)

  В большинстве точек вызова этот OID составного типа не нужен; но если результирующий кортеж будет использоваться как составное значение Datum, требуются дополнительные действия, чтобы в нём оказался корректный OID.

- Ликвидация портов SCO и Unixware (Том Лейн)
- Переработка процесса сборки документации (Александр Лахин)
- Использование XSLT для сборки документации PostgreSQL (Питер Эйзентраут)

  Ранее использовались программы Jade, DSSSL и JadeTex.
- Сборка HTML-документации по умолчанию со стилями XSLT (Питер Эйзентраут)

### E.12.3.12. Дополнительные модули

- Реализация в file_fdw возможности читать вывод программ, так же как и содержимое файлов (Кори Хинкер, Адам Гомаа)
- В postgres_fdw реализована передача агрегатных функций на удалённый сервер, когда это возможно (Дживан Чок, Ашутош Бапат)

  Это сокращает объём данных, который должен передаваться со стороннего сервера и избавляет запрашивающий сервер от вычисления агрегатной функции.
- postgres_fdw может передавать соединения отношений на сторонний сервер в большем числе случаев (Дэвид Роули, Ашутош Бапат, Эцуро Фудзита)
- Исправление поддержки столбцов `OID` в таблицах postgres_fdw (Эцуро Фудзита)

  Ранее в столбцах `OID` всегда возвращались нули.
- Реализация в btree_gist и btree_gin возможности индексировать типы-перечисления (Эндрю Дунстан)

  Это позволяет использовать перечисления в ограничениях-исключениях.
- Добавление в btree_gist поддержки индексации для типа данных `UUID` (Пол Юнгвирт)
- Добавлено расширение amcheck, которое может проверять корректность индексов-B-деревьев (Питер Гейган)
- Отображение в pg_stat_statements игнорируемых констант как `$N`, а не как `?` (Лукас Фиттл)
- Улучшение в модуле cube обработки кубов с нулевой размерностью (Том Лейн)

  При этом также улучшена работа со значениями `infinite` и `NaN`.
- Сокращение числа блокировок при обращении к представлению pg_buffercache (Иван Карты-шов)

  Как следствие, его можно более беспрепятственно использовать в производственных средах.
- Добавление в pgstattuple функции `pgstathashindex()` для просмотра статистики хеш-индексов (Ашутош Шарма)
- Возможность использовать `GRANT` для управления доступом к функциям pgstattuple (Стивен Фрост)

  Это позволяет администраторам разрешать вызывать эти функции не только суперпользователям.
- Сокращение числа блокировок в pgstattuple при просмотре хеш-индексов (Амит Капила)
- Добавление в pageinspect функции `page_checksum()` для получения контрольной суммы страницы (Томаш Вондра)
- Добавление в pageinspect функции `bt_page_items()`, которая выводит элементы страницы для переданного образа страницы (Томаш Вондра)
- Добавление поддержки хеш-индексов в pageinspect (Джеспер Педерсен, Ашутош Шарма)

## E.12.4. 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.

Адам Брайтвелл (Adam Brightwell)
Адам Брюссельбек (Adam Brusselback)
Адам Гомаа (Adam Gomaa)
Адам Сах (Adam Sah)
Адриан Клавер (Adrian Klaver)
Аидан Ван Дик (Aidan Van Dyk)
Александр Алексеев (Aleksander Alekseev)
Александр Коротков (Alexander Korotkov)
Александр Лахин (Alexander Lakhin)
Александр Сосна (Alexander Sosna)
Алексей Баштанов (Alexey Bashtanov)
Алексей Грищенко (Alexey Grishchenko)
Алексей Исайко (Alexey Isayko)
Альваро Эрнандес Тортоза (Álvaro Hernández Tortosa)
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 Шербаум (Andreas Scherbaum)
Андрей Бородин (Andrey Borodin)
Андрей Лизенко (Andrey Lizenko)
Андрес Фройнд (Andres Freund)
Антонин Хоуска (Antonin Houska)
Антс Аасма (Ants Aasma)
Арсений Шер (Arseny Sher)
Артур Закиров (Artur Zakirov)
Арьен Нинхаус (Arjen Nienhuis)
Атсуши Торикоши (Atsushi Torikoshi)
Ашвин Агравал (Ashwin Agrawal)
Ашутош Бапат (Ashutosh Bapat)
Ашутош Шарма (Ashutosh Sharma)
Аюми Исии (Ayumi Ishii)
Бейзил Бурк (Basil Bourque)
Бен де Грааф (Ben de Graaff)
Бенедикт Грундман (Benedikt Grundmann)
Бернд Хелмле (Bernd Helmle)
Бина Эмерсон (Beena Emerson)
Брандур Лич (Brandur Leach)
Брин Хаган (Breen Hagan)
Бруно Вольф III (Bruno Wolff III)
Брэд Дейонг (Brad DeJong)
Брюс Момджян (Bruce Momjian)
Вайшнави Прабакаран (Vaishnavi Prabakaran)
Венката Балажи Наготи (Venkata Balaji Nagothi)
Вик Фиринг (Vik Fearing)
Вики Вергара (Vicky Vergara)
Виктор Вагнер (Victor Wagner)

Винаяк Покале (Vinayak Pokale)
Вирен Негги (Viren Negi)
Виталий Буровой (Vitaly Burovoy)
Владимир Кунщиков (Vladimir Kunshchikov)
Владимир Русинов (Vladimir Rusinov)
Габриэль Бартолини (Gabriele Bartolini)
Габриэль Рот (Gabrielle Roth)
Гао Цзэнци (Gao Zengqi)
Генри Болерт (Henry Boehlert)
Гердан Сантос (Gerdan Santos)
Гийом Леларж (Guillaume Lelarge)
Грег Аткинс (Greg Atkins)
Грег Бурек (Greg Burek)
Григорий Смолкин (Grigory Smolkin)
Грэхем Даттон (Graham Dutton)
Давид Феттер (David Fetter)
Дагфинн Ильмари Маннсакер (Dagfinn Ilmari Mannsåker)
Дайсукэ Хигути (Daisuke Higuchi)
Дамиан Кирога (Damian Quiroga)
Дан Мин Хыонг (Dang Minh Huong)
Даниель Вестерман (Daniel Westermann)
Данило Глинский (Danylo Hlynskyi)
Даниэле Вараццо (Daniele Varrazzo)
Даниэль Верите (Daniel Vérité)
Даниэль Густафссон (Daniel Gustafsson)
Дарко Прелец (Darko Prelec)
Деврим Гюндюз (Devrim Gündüz)
Дейв Крамер (Dave Cramer)
Дейв Пейдж (Dave Page)
Денис Смирнов (Denis Smirnov)
Дениш Патель (Denish Patel)
Деннис Бьорклунд (Dennis Björklund)
Джанни Чиолли (Gianni Ciolli)
Джаред Уорд (Jarred Ward)
Джастин Муис (Justin Muise)
Джастин Призби (Justin Pryzby)
Джеймс Паркс (James Parks)
Джейсон Ли (Jason Li)
Джейсон О'Доннелл (Jason O'Donnell)
Джейсон Петерсен (Jason Petersen)
Джереми Финцель (Jeremy Finzel)
Джереми Шнайдер (Jeremy Schneider)
Джеспер Педерсен (Jesper Pedersen)
Джефф Девис (Jeff Davis)
Джефф Джейнс (Jeff Janes)
Джефф Дэфо (Jeff Dafoe)
Дживан Ладхе (Jeevan Ladhe)
Дживан Чок (Jeevan Chalke)
Джим Млодженски (Jim Mlodgenski)
Джим Нэсби (Jim Nasby)
Джинью Чжан (Jinyu Zhang)
Джо Конвей (Joe Conway)
Джон Беркус (Josh Berkus)
Джон Харви (John Harvey)
Джордан Гигов (Jordan Gigov)
Джош Сореф (Josh Soref)
Джоэл Джейкобсон (Joel Jacobson)
Джузеппе Брокколо (Giuseppe Broccolo)

Джулиан Маркворт (Julian Markwort)
Джун-сок Ян (Junseok Yang)
Дилип Кумар (Dilip Kumar)
Дилян Палаузов (Dilyan Palauzov)
Дин Рашид (Dean Rasheed)
Дмитрий Долгов (Dmitry Dolgov)
Дмитрий Иванов (Dimitry Ivanov)
Дмитрий Павлов (Dima Pavlov)
Дмитрий Сарафанников (Dmitriy Sarafannikov)
Дмитрий Федин (Dmitry Fedin)
Дон Моррисон (Don Morrison)
Дэвид Джонстон (David Johnston)
Дэвид Кристенсен (David Christensen)
Дэвид Роули (David Rowley)
Дэвид Рэйдер (David Rader)
Дэвид Стил (David Steele)
Дэн Вуд (Dan Wood)
Евгений Казаков (Eugene Kazakov)
Евгений Коньков (Eugen Konkov)
Егор Рогов (Egor Rogov)
Жиль Даролд (Gilles Darold)
Жюльен Руо (Julien Rouhaud)
И Вэнь Вон (Yi Wen Wong)
Иван Картышов (Ivan Kartyshov)
Игорь Корот (Igor Korot)
Ильдус Курбангалиев (Ildus Kurbangaliev)
Иэн Барвик (Ian Barwick)
Йелте Феннема (Jelte Fennema)
Йерун ван дер Хам (Jeroen van der Ham)
Йон Нельсон (Jon Nelson)
КайГай Кохэй (KaiGai Kohei)
Кайл Конрой (Kyle Conroy)
Карен Хаддлстон (Karen Huddleston)
Карл Лехенбауэр (Karl Lehenbauer)
Карл О. Пинц (Karl O. Pinc)
Каспер Жук (Kacper Zuk)
Каталин Якоб (Catalin Iacob)
Кевин Гриттнер (Kevin Grittner)
Кейт Фиске (Keith Fiske)
Ким Росе Карлсен (Kim Rose Carlsen)
Клаудио Фрейре (Claudio Freire)
Клинтон Адамс (Clinton Adams)
Конст Чжан (Const Zhang)
Константин Евтеев (Konstantin Evteev)
Константин Книжник (Konstantin Knizhnik)
Константин Пан (Constantin Pan)
Кори Хинкер (Corey Huinker)
Крейг Рингер (Craig Ringer)
Крис Бенди (Chris Bandy)
Крис Ричардс (Chris Richards)
Крис Рупрехт (Chris Ruprecht)
Кристиан Ульрих (Christian Ullrich)
Кристоф Берг (Christoph Berg)
Кунтал Гхош (Kuntal Ghosh)
Курт Карталтепе (Kurt Kartaltepe)
Куэль Чжо (QL Zhuo)
Кётаро Хоригути (Kyotaro Horiguchi)
Лауренц Альбе (Laurenz Albe)

Леонардо Чекки (Leonardo Cecchi)
Лукас Фиттл (Lukas Fittl)
Людовик Вожуа-Пепин (Ludovic Vaugeois-Pepin)
Магнус Хагандер (Magnus Hagander)
Майк Пальмиотто (Mike Palmiotto)
Майкл Дэй (Michael Day)
Максим Милютин (Maksim Milyutin)
Максим Соболев (Maksym Sobolyev)
Марек Чворен (Marek Cvoren)
Марк Дилгер (Mark Dilger)
Марк Кирквуд (Mark Kirkwood)
Марк Петер (Mark Pether)
Марк Расбах (Marc Rassbach)
Марк-Олаф Яшке (Marc-Olaf Jaschke)
Марко Тиикkая (Marko Tiikkaja)
Маркос Кастедо (Marcos Castedo)
Маркус Винанд (Markus Winand)
Марллиус Рибейро (Marllius Ribeiro)
Марти Раудсепп (Marti Raudsepp)
Мартин Маркес (Martín Marqués)
Масахико Савада (Masahiko Sawada)
Матеус Оливейра (Matheus Oliveira)
Мерлин Монкьюр (Merlin Moncure)
Микаэль Пакье (Michael Paquier)
Милош Урбанек (Milos Urbanek)
Митхун Сай (Mithun Cy)
Михаэль Банк (Michael Banck)
Михаэль Мескес (Michael Meskes)
Михаэль Овермайер (Michael Overmeyer)
Мойше Джейкобсон (Moshe Jacobson)
Муртуза Забуавала (Murtuza Zabuawala)
Мэтью Феньяк (Mathieu Fenniak)
Наоки Окано (Naoki Okano)
Натан Боссарт (Nathan Bossart)
Натан Вагнер (Nathan Wagner)
Неха Хатри (Neha Khatri)
Неха Шарма (Neha Sharma)
Никита Глухов (Nikita Glukhov)
Николай Никитин (Nikolay Nikitin)
Николай Шаплов (Nikolay Shaplov)
Николас Бачелли (Nicolas Baccelli)
Николас Гини (Nicolas Guini)
Николас Товен (Nicolas Thauvin)
Николаус Тиль (Nikolaus Thiel)
Никхил Сонтакке (Nikhil Sontakke)
Нил Андерсон (Neil Anderson)
Ной Миш (Noah Misch)
Нориёси Синода (Noriyoshi Shinoda)
Олаф Гавенда (Olaf Gawenda)
Олег Бартунов (Oleg Bartunov)
Оскари Сааренмаа (Oskari Saarenmaa)
Отар Шавадзе (Otar Shavadze)
Паван Деоласи (Pavan Deolasee)
Павел Голубь (Pavel Golub)
Павел Райскуп (Pavel Raiskup)
Павел Стехуле (Pavel Stehule)
Павел Ханак (Pavel Hanák)
Пареш Мор (Paresh More)

Петр Желинек (Petr Jelínek)
Питер Гейган (Peter Geoghegan)
Питер Эйзентраут (Peter Eisentraut)
Пол Рамсей (Paul Ramsey)
Пол Юнгвирт (Paul Jungwirth)
Прабхат Саху (Prabhat Sahu)
Пьер-Эммануэль Андре (Pierre-Emmanuel André)
Пэн Сунь (Peng Sun)
Пётр Стефаняк (Piotr Stefaniak)
Рагнар Оухтерлони (Ragnar Ouchterlony)
Радек Слупик (Radek Slupik)
Раджкумар Рагхуванши (Rajkumar Raghuwanshi)
Райан Мерфи (Ryan Murphy)
Рафа де ла Торре (Rafa de la Torre)
Рафия Сабих (Rafia Sabih)
Рахила Сьед (Rahila Syed)
Регина Обе (Regina Obe)
Ричард Пистоль (Richard Pistole)
Роберт Хаас (Robert Haas)
Робинс Таракан (Robins Tharakan)
Род Тейлор (Rod Taylor)
Роман Шапошник (Roman Shaposhnik)
Рушаб Латиа (Rushabh Lathia)
Саймон Риггс (Simon Riggs)
Сандип Таккар (Sandeep Thakkar)
Свейн Свейнссон (Sveinn Sveinsson)
Свен Р. Кунце (Sven R. Kunze)
Себастьян Луке (Sebastian Luque)
Сергей Бурладян (Sergey Burladyan)
Сергей Копосов (Sergey Koposov)
Сероп Саркуни (Sehrope Sarkuni)
Симоне Готти (Simone Gotti)
Синтия Шан (Cynthia Shang)
Синъити Мацуда (Shinichi Matsuda)
Скотт Милликен (Scott Milliken)
Спенсер Томасон (Spencer Thomason)
Стас Кельвич (Stas Kelvich)
Степан Пестерников (Stepan Pesternikov)
Стив Рэндалл (Steve Randall)
Стив Сингер (Steve Singer)
Стивен Винфилд (Steven Winfield)
Стивен Фрост (Stephen Frost)
Стивен Фэклер (Steven Fackler)
Сурадж Хараге (Suraj Kharage)
Тайки Кондо (Taiki Kondo)
Такаюки Цунакава (Takayuki Tsunakawa)
Такэси Идэриха (Takeshi Ideriha)
Тахир Фахрутдинов (Tahir Fakhroutdinov)
Тацуо Исии (Tatsuo Ishii)
Тацуро Ямада (Tatsuro Yamada)
Тим Гудэйр (Tim Goodaire)
Тобиас Бусман (Tobias Bussmann)
Том Браун (Thom Brown)
Том Дунстан (Tom Dunstan)
Том Лейн (Tom Lane)
Тома ван Тилбург (Tom van Tilburg)
Томас Келлерер (Thomas Kellerer)
Томас Мунро (Thomas Munro)

Томаш Вондра (Tomas Vondra)
Томонари Кацумата (Tomonari Katsumata)
Тушар Ахуджа (Tushar Ahuja)
Фабрицио де Ройес Мелло (Fabrízio de Royes Mello)
Фабьен Коэльо (Fabien Coelho)
Фейке Стинберген (Feike Steenbergen)
Феликс Герзаге (Felix Gerzaguet)
Филип Йирсак (Filip Jirsák)
Филипп Бодуэн (Philippe Beaudoin)
Фудзии Масао (Fujii Masao)
Фёдор Сигаев (Teodor Sigaev)
Хайме Казанова (Jaime Casanova)
Ханс Бушман (Hans Buschmann)
Харибабу Комми (Haribabu Kommi)
Хейкки Линнакангас (Heikki Linnakangas)
Хуань Жуань (Huan Ruan)
Чепмен Флэк (Chapman Flack)
Чжоу Дигоал (Zhou Digoal)
Чжэнь Мин Ян (Zhen Ming Yang)
Чуаньтин Ван (Chuanting Wang)
Чхве Ду-Вон (Choi Doo-Won)
Чэнь Хуацзюнь (Chen Huajun)
Шо Като (Sho Kato)
Шон Фаррел (Sean Farrell)
Шэй Роджански (Shay Rojansky)
Эйдзи Сэки (Eiji Seki)
Эйлер Тавейра (Euler Taveira)
Эмил Иггланд (Emil Iggland)
Эмре Хасегели (Emre Hasegeli)
Энди Абелисто (Andy Abelisto)
Эндрю Вилрайт (Andrew Wheelwright)
Эндрю Гирт (Andrew Gierth)
Эндрю Дунстан (Andrew Dunstan)
Энрике Менесес (Enrique Meneses)
Эрвин Брандштеттер (Erwin Brandstetter)
Эрик Нордстром (Erik Nordström)
Эрик Рижкерс (Erik Rijkers)
Эцуро Фудзита (Etsuro Fujita)
Юго Нагата (Yugo Nagata)
Якоб Еггер (Jakob Egger)

## E.13. 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, неподходящем 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. В PostgreSQL версии 9.1 и новее для этого нужно воспользоваться командой CREATE EXTENSION. В чистой базе данных вы можете просто выполнить:

```
CREATE EXTENSION имя_модуля;
```

Запускать эту команду должен суперпользователь баз данных. 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.

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`.

Если ваша база данных была получена в результате выгрузки/перезагрузки данных PostgreSQL версии до 9.1, и вы ранее использовали версию этого модуля, рассчитанную на версию до 9.1, вместо этого вы должны выполнить:

```
CREATE EXTENSION имя_модуля FROM unpackaged;
```

При этом объекты этого модуля версии до 9.1 будут упакованы в соответствующий объект *расширения*. После этого обновления расширения будут осуществляться командой ALTER EXTENSION. За дополнительными сведениями об обновлении расширении обратитесь к Разделу 37.15.

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. Использовать все эти функции разрешено только суперпользователям.

Функции, приведённые в Таблице F.1, дают доступ на запись к файлам на компьютере, где работает сервер. (См. также функции в Таблице 9.88, которые дают доступ только на чтение.) С их помощью можно обращаться только к файлам в каталоге кластера баз данных, но путь может задаваться и как относительный, и как абсолютный.

**Таблица F.1. Функции модуля adminpack**

| Имя | Тип результата | Описание |
|---|---|---|
| pg_catalog.pg_file_write( filename text, data text, append boolean) | bigint | Записать или дописать в текстовый файл |
| pg_catalog.pg_file_rename(oldname text, newname text [, archivename text]) | boolean | Переименовать файл |
| pg_catalog.pg_file_unlink(filename text) | boolean | Удалить файл |
| pg_catalog.pg_logdir_ls( ) | setof record | Получить 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_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).

Функции, перечисленные в Таблице F.2, являются устаревшими и не должны использоваться в новых приложениях; вместо них следует использовать функции, описанные в Таблице 9.78 и Таблице 9.88. Эти функции включены в adminpack только для совместимости со старыми версиями pgAdmin.

**Таблица F.2. Устаревшие функции модуля adminpack**

| Имя | Тип результата | Описание |
|---|---|---|
| pg_catalog.pg_file_read( filename text, offset bigint, nbytes bigint) | text | Альтернативный вариант функции pg_read_file() |
| pg_catalog.pg_file_length(filename text) | bigint | Выдаёт то же значение, что содержится в столбце size результата pg_stat_file() |
| pg_catalog.pg_logfile_rotate() | integer | Альтернативный вариант pg_rotate_logfile() , возвращает целое (0 или 1), а не значение boolean |

# F.2. amcheck

Модуль amcheck предоставляет функции, позволяющие проверять логическую целостность структуры индексов. Если нарушения структуры не обнаруживаются, эти функции отрабатывают без ошибок.

Эти функции проверяют различные *инварианты* в структуре представления определённых индексов. 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 37.14.3.

Функции amcheck могут выполнять только суперпользователи.

## F.2.1. Функции

bt_index_check(index regclass) returns void

bt_index_check проверяет, соблюдаются ли в целевом объекте, индексе-B-дереве, различные инварианты. Пример использования:

```
test=# SELECT bt_index_check(c.oid), 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 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». 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 данных, 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, а также не проверяет, соответствует ли целевой индекс основному отношению. 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) returns void`

Функция `bt_index_parent_check` проверяет, соблюдаются ли в целевом объекте, индексе-B-дереве, различные инварианты. Проверки, выполняемые функцией `bt_index_parent_check`, включают в себя все проверки, которые выполняет `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 и инварианты, существующие в иерархии родитель/потомок. Однако и она не проверяет, соответствует ли целевой индекс основному отношению. Функция `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`.

## F.2.2. 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.

- Повреждения, вызванные гипотетическими неизвестными ошибками в нижележащем коде методов доступа PostgreSQL или коде сортировки.

  Автоматическая проверка структурной целостности индексов играет важную роль в общем тестировании новых или предлагаемых возможностей PostgreSQL, с которыми может возникнуть логическая несогласованность. 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.

Вообще говоря, `amcheck` может доказать только наличие повреждений, но не доказать их отсутствие.

### F.2.3. Исправление повреждений

Выдаваемые `amcheck` ошибки, относящиеся к повреждениям данных, никогда не должны быть ложными. На практике `amcheck` с большей вероятностью обнаружит программные ошибки, чем проблемы с оборудованием. `amcheck` выдаёт ошибки в случае условий, которые никогда не должны наблюдаться по определению, так что ошибки `amcheck`, как правило, требует 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. Если это значение равно 0, протоколироваться будут планы всех операторов. При значении -1 (по умолчанию) протоколирование планов полностью 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 протоко-

лирования. 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_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_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_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
=# 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)
=# CREATE index btreeidx ON tbloom (i1, i2, i3, i4, i5, i6);
CREATE INDEX
=# SELECT pg_size_pretty(pg_relation_size('btreeidx'));
 pg_size_pretty
----------------
 387 MB
(1 row)
```

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..213694.08 rows=1 width=24) (actual
 time=1445.438..1445.438 rows=0 loops=1)
   Filter: ((i2 = 898732) AND (i5 = 123451))
   Rows Removed by Filter: 10000000
```

```
 Planning time: 0.177 ms
 Execution time: 1445.473 ms
(5 rows)
```

Поэтому планировщик обычно предпочтёт сканирование по индексу, если это возможно. Индекс-B-дерево даёт такие результаты:

```
=# EXPLAIN ANALYZE SELECT * FROM tbloom WHERE i2 = 898732 AND i5 = 123451;
                                                          QUERY PLAN
-------------------------------------------------------------------------------------------------
 Index Only Scan using btreeidx on tbloom  (cost=0.56..298311.96 rows=1 width=24)
 (actual time=445.709..445.709 rows=0 loops=1)
   Index Cond: ((i2 = 898732) AND (i5 = 123451))
   Heap Fetches: 0
 Planning time: 0.193 ms
 Execution time: 445.770 ms
(5 rows)
```

При таком поиске Блум оказывается лучше B-дерева:

```
=# EXPLAIN ANALYZE SELECT * FROM tbloom WHERE i2 = 898732 AND i5 = 123451;
                                                       QUERY PLAN
-------------------------------------------------------------------------------------------------
 Bitmap Heap Scan on tbloom  (cost=178435.39..178439.41 rows=1 width=24) (actual
 time=76.698..76.698 rows=0 loops=1)
   Recheck Cond: ((i2 = 898732) AND (i5 = 123451))
   Rows Removed by Index Recheck: 2439
   Heap Blocks: exact=2408
   ->  Bitmap Index Scan on bloomidx  (cost=0.00..178435.39 rows=1 width=0) (actual
 time=72.455..72.455 rows=2439 loops=1)
         Index Cond: ((i2 = 898732) AND (i5 = 123451))
 Planning time: 0.475 ms
 Execution time: 76.778 ms
(8 rows)
```

Обратите внимание на относительно большое количество ложных срабатываний: для перепроверки по куче были отобраны 2439 строк, но на самом деле ни одна из них не удовлетворила запросу. Мы можем уменьшить это количество, создав сигнатуру большей длины. В данном примере при создании индекса с `length=200` число ложных срабатываний уменьшилось до 55, но размер индекса удвоился (до 306 Мбайт) и запрос стал выполняться дольше (125 мс).

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:

```
=# 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=0.148..0.148 rows=0 loops=1)
   Recheck Cond: ((i5 = 123451) AND (i2 = 898732))
   ->  BitmapAnd  (cost=9.29..9.29 rows=1 width=0) (actual time=0.145..0.145 rows=0
 loops=1)
         ->  Bitmap Index Scan on tbloom_i5_idx  (cost=0.00..4.52 rows=11 width=0)
 (actual time=0.089..0.089 rows=10 loops=1)
               Index Cond: (i5 = 123451)
         ->  Bitmap Index Scan on tbloom_i2_idx  (cost=0.00..4.52 rows=11 width=0)
 (actual time=0.048..0.048 rows=8 loops=1)
               Index Cond: (i2 = 898732)
 Planning time: 2.049 ms
```

```
 Execution time: 0.280 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 214 Мбайт, так что общий объём индексов превышает 1.2 Гбайта, что в 8 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` 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. 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.

## 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.

## 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. chkpass

Этот модуль реализует тип данных `chkpass`, предназначенный для хранения зашифрованных паролей. Каждый пароль автоматически преобразуется в зашифрованный вид при вводе и всегда хранится зашифрованным. Для проверки пароля его нужно сравнить с паролем в открытом виде, который будет также зашифрован перед сравнением.

В коде предусмотрена возможность выдавать ошибку, если вводимый пароль оказывается слишком простым. Однако в настоящее время это просто заглушка, которая ничего не делает.

Если вводимая строка начинается с двоеточия, предполагается, что это уже зашифрованный пароль и он сохраняется без дополнительного шифрования. Это позволяет сохранять ранее зашифрованные пароли.

Выводимая строка этого типа предваряется двоеточием. Это позволяет выгружать и заново загружать пароли, не расшифровывая их. Если вы хотите получить строку зашифрованного пароля без двоеточия, можно использовать функцию `raw()`. Благодаря этому, данный тип можно применять, например, с модулем `Auth_PostgreSQL` для Apache.

Для шифрования используется стандартная функция Unix `crypt()`, так что на данную реализацию распространяются все обычные ограничения этой функции; в частности, учитываются только первые восемь символов пароля.

Заметьте, что тип данных `chkpass` не является индексируемым.

Пример использования:

```
test=# create table test (p chkpass);
CREATE TABLE
test=# insert into test values ('hello');
INSERT 0 1
test=# select * from test;
       p
----------------
 :dVGkpXdOrE3ko
(1 row)

test=# select raw(p) from test;
      raw
---------------
 dVGkpXdOrE3ko
(1 row)

test=# select p = 'hello' from test;
 ?column?
----------
 t
(1 row)

test=# select p = 'goodbye' from test;
 ?column?
----------
 f
```

```
(1 row)
```

### F.8.1. Автор

Д'Арси Дж. М. Каин (<darcy@druid.net>)

## F.9. 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.

### F.9.1. 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.9.2. Как его использовать

Простой пример использования:

```
CREATE TABLE users (
    nick CITEXT PRIMARY KEY,
    pass TEXT   NOT NULL
);

INSERT INTO users VALUES ( 'larry',  md5(random()::text) );
INSERT INTO users VALUES ( 'Tom',    md5(random()::text) );
INSERT INTO users VALUES ( 'Damian', md5(random()::text) );
INSERT INTO users VALUES ( 'NEAL',   md5(random()::text) );
INSERT INTO users VALUES ( 'Bjørn',  md5(random()::text) );

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.9.3. 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.9.4. 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. Однако он несколько эффективнее варианта с применением lower для получения регистронезависимого сравнения.
- 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.

## F.9.5. Автор

Дэвид Е. Уилер <david@kineticode.com>

Разработку вдохновил оригинальный модуль citext Дональда Фрейзера.

# F.10. cube

Этот модуль реализует тип данных cube для представления многомерных кубов.

## F.10.1. Синтаксис

В Таблице F.3 показаны внешние представления типа cube. Буквы *x*, *y* и т. д. обозначают числа с плавающей точкой.

**Таблица F.3. 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.10.2. Точность

Значения хранятся внутри как 64-битные числа с плавающей точкой. Это значит, что числа с более чем 16 значащими цифрами будут усекаться.

## F.10.3. Использование

В Таблице F.4 показаны операторы, предназначенные для работы с типом cube.

**Таблица F.4. Операторы для кубов**

| Оператор | Результат | Описание |
|---|---|---|
| a = b | boolean | Кубы a и b идентичны. |
| a && b | boolean | Кубы a и b пересекаются. |
| a @> b | boolean | Куб a включает куб b. |
| a <@ b | boolean | Куб a включён в куб b. |

| Оператор | Результат | Описание |
|---|---|---|
| a < b | boolean | Куб a меньше куба b. |
| a <= b | boolean | Куб a меньше или равен кубу b. |
| a > b | boolean | Куб a больше куба b. |
| a >= b | boolean | Куб a больше или равен кубу b. |
| a <> b | boolean | Куб a не равен кубу b. |
| a -> n | float8 | Выдаёт *n*-ную координату куба (отсчитывая с 1). |
| a ~> n | float8 | Выдаёт *n*-ную координату куба следующим образом: n = 2 * k - 1 обозначает нижнюю границу *k*-ой размерности, n = 2 * k обозначает верхнюю границу *k*-ой размерности. Этот оператор предназначен для поддержки KNN-GiST. |
| a <-> b | float8 | Евклидово расстояние между a и b. |
| a <#> b | float8 | Расстояние городских кварталов (метрика L-1) между a и b. |
| a <=> b | float8 | Расстояние Чебышева (метрика L-inf) между a и b. |

(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!)

Скалярные операторы упорядочивания (<, >= и т. д.) не имеют большого смысла ни для каких практических целей, кроме сортировки. 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.

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.5 перечислены все доступные функции.

**Таблица F.5. Функции для работы с кубами**

| Функция | Результат | Описание | Пример |
|---|---|---|---|
| `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]) == '(1,2)'` |
| `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` | Возвращает значение *n*-ной координаты левого нижнего угла куба. | `cube_ll_coord('(1,2),(3,4)', 2) == '2'` |
| `cube_ur_coord(cube, integer)` | `float8` | Возвращает значение *n*-ной 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_distance(cube, cube)` | `float8` | Возвращает расстояние между двумя кубами. Если оба куба являются точками, вычисля- | |

| Функция | Результат | Описание | Пример |
|---|---|---|---|
| | | ется обычная функция расстояния. | |
| 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. | 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_inter(cube, cube) | cube | Создаёт пересечение двух кубов. | |
| 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.10.4. 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.10.5. Замечания

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.10.6. 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 (*http://db.cs.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.11. 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).

### Замечания

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.

## Замечания

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
------------+------------
 bytearecv  | bytearecv
 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`.

## Замечания

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`.

### Замечания

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`.

### Замечания

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.

### Замечания

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.

### Замечания

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.

### Замечания

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.

### Замечания

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.

### Замечания

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.12. 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, и тем самым значительно увеличивает скорость поиска.

## F.12.1. Конфигурирование

Этот словарь принимает два 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.

## F.12.2. 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.13. 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.13.1. 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.13.2. 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.14. earthdistance

Модуль `earthdistance` реализует два разных варианта вычисления ортодромии (расстояния между точками на поверхности Земли). Описанный первым вариант зависит от модуля `cube` (который *должен* быть установлен, чтобы можно было установить `earthdistance`). Второй вариант основан на встроенном типе данных `point`, в котором в качестве координат задаётся широта и долгота.

В этом модуле Земля считается идеальной сферой. (Если для вас это слишком грубо, обратите внимание на проект *PostGIS* project.)

## F.14.1. 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.6.

**Таблица F.6. Функции земных расстояний по кубам**

| Функция | Возвращает | 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. |

| Функция | Возвращает | Описание |
|---|---|---|
| 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 | Возвращает охватывающий куб, подходящий для поиска по индексу с применением оператора кубов @> 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.14.2. 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.7.

**Таблица F.7. Операторы земных расстояний по точкам**

| Оператор | Возвращает | Описание |
|---|---|---|
| point <@> point | float8 | Выдаёт 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.15. 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. Это имя должно задаваться абсолютным путём. Необходимо 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 настоящий момент file_fdw не поддерживает указания OIDS и 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, требуются права суперпользователя. Это сделано в целях безопасности: только суперпользователь должен выбирать, какой файл читать или какую программу запускать. В принципе право изменения остальных параметров можно предоставить и не суперпользователям, 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
) SERVER pglog
OPTIONS ( filename '/home/josh/data/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.16. 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).

## F.16.1. 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.16.2. 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, удале-

ния 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.16.3. 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.16.4. 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.17. 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.

## F.17.1. 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.17.2. Операторы и функции `hstore`

Реализованные в модуле `hstore` операторы перечислены в Таблице F.8, функции — в Таблице F.9.

**Таблица F.8. Операторы `hstore`**

| Оператор | Описание | Пример | Результат |
|---|---|---|---|
| `hstore -> text` | выдаёт значение для ключа (или `NULL` при его отсутствии) | `'a=>x, b=>y'::hstore -> 'a'` | `x` |
| `hstore -> text[]` | выдаёт значения для ключей (или `NULL` при их отсутствии) | `'a=>x, b=>y, c=>z'::hstore -> ARRAY['c','a']` | `{"z","x"}` |
| `hstore \|\| hstore` | объединяет два набора `hstore` | `'a=>b, c=>d'::hstore \|\| 'c=>x, d=>q'::hstore` | `"a"=>"b", "c"=>"x", "d"=>"q"` |
| `hstore ? text` | набор `hstore` включает ключ? | `'a=>1'::hstore ? 'a'` | `t` |
| `hstore ?& text[]` | набор `hstore` включает все указанные ключи? | `'a=>1, b=>2'::hstore ?& ARRAY['a','b']` | `t` |
| `hstore ?\| text[]` | набор `hstore` включает какой-либо из указанных ключей? | `'a=>1, b=>2'::hstore ?\| ARRAY['b','c']` | `t` |
| `hstore @> hstore` | левый операнд включает правый? | `'a=>b, b=>1, c=>NULL'::hstore @> 'b=>1'` | `t` |
| `hstore <@ hstore` | левый операнд включён в правый? | `'a=>c'::hstore <@ 'a=>b, b=>1, c=>NULL'` | `f` |
| `hstore - text` | удаляет ключ из левого операнда | `'a=>1, b=>2, c=>3'::hstore - 'b'::text` | `"a"=>"1", "c"=>"3"` |
| `hstore - text[]` | удаляет ключи из левого операнда | `'a=>1, b=>2, c=>3'::hstore - ARRAY['a','b']` | `"c"=>"3"` |
| `hstore - hstore` | удаляет соответствующие пары из левого операнда | `'a=>1, b=>2, c=>3'::hstore - 'a=>4, b=>2'::hstore` | `"a"=>"1", "c"=>"3"` |
| `record #= hstore` | заменяет поля в `record` соответствующими значениями из `hstore` | см. раздел Примеры | |
| `%% hstore` | преобразует `hstore` в массив перемежающихся ключей и значений | `%% 'a=>foo, b=>bar'::hstore` | `{a,foo,b,bar}` |
| `%# hstore` | преобразует `hstore` в двумерный массив ключей/значений | `%# 'a=>foo, b=>bar'::hstore` | `{{a,foo},{b,bar}}` |

## 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.9. Функции `hstore`**

| Функция | Тип результата | Описание | Пример | Результат |
|---|---|---|---|---|
| `hstore(record)` | `hstore` | формирует `hstore` из записи или кортежа | `hstore(ROW(1, 2))` | `f1=>1,f2=>2` |
| `hstore(text[])` | `hstore` | формирует `hstore` из массива, который может содержать попарно ключи/значения, либо быть двумерным массивом | `hstore( ARRAY['a','1', 'b','2']) \|\| hstore( ARRAY[['c', '3'],['d', '4']])` | `a=>1, b=>2, 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[]` | выдаёт ключи `hstore` в виде массива | `akeys('a=>1, b=>2')` | `{a,b}` |
| `skeys(hstore)` | `setof text` | выдаёт ключи `hstore` в виде множества | `skeys('a=>1, b=>2')` | `a`<br>`b` |
| `avals(hstore)` | `text[]` | выдаёт ключи `hstore` в виде массива | `avals('a=>1, b=>2')` | `{1,2}` |
| `svals(hstore)` | `setof text` | выдаёт значения `hstore` в виде множества | `svals('a=>1, b=>2')` | `1`<br>`2` |
| `hstore_to_array(hstore)` | `text[]` | выдаёт ключи и значения `hstore` в виде массива перемежающихся ключей и значений | `hstore_to_array('a=>1, b=>2')` | `{a,1,b,2}` |
| `hstore_to_matrix(hstore)` | `text[]` | выдаёт ключи и значения `hstore` в виде двумерного массива | `hstore_to_matrix('a=>1, b=>2')` | `{{a,1},{b,2}}` |
| `hstore_to_json(hstore)` | `json` | выдаёт `hstore` в виде значения `json`, преобразуя | `hstore_to_json('"a key"=>1, b=>t,` | `{"a key": "1", "b": "t", "c": null,` |

| Функция | Тип результата | Описание | Пример | Результат |
|---|---|---|---|---|
| | | все отличные от NULL значения в строки JSON | c=>null, d=>12345, e=>012345, f=>1.234, g=>2.345e+4') | "d": "12345", "e": "012345", "f": "1.234", "g": "2.345e+4"} |
| hstore_to_jsonb(hstore) | jsonb | выдаёт hstore в виде значения jsonb, преобразуя все отличные от NULL значения в строки JSON | 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 | выдаёт hstore в виде значения 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 | выдаёт hstore в виде значения 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 подмножество из hstore | slice('a=>1, b=>2, c=>3'::hstore, ARRAY['b','c', 'x']) | "b"=>"2", "c"=>"3" |
| each(hstore) | setof(key text, value text) | выдаёт ключи и значения hstore в виде множества | select * from each('a=>1, b=>2') | key \| value<br>-----+-------<br>a \| 1<br>b \| 2 |
| exist(hstore, text) | boolean | набор hstore включает ключ? | exist('a=>1', 'a') | t |
| defined(hstore, text) | boolean | набор hstore включает для ключа значение, отличное от NULL? | 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 | Тип результата | Описание | Пример | Результат |
|---|---|---|---|---|
| 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(record, hstore) | record | заменяет поля в record соответствующими значениями из hstore | см. раздел Примеры | |

> **Примечание**
>
> Функция hstore_to_json применяется, когда значение hstore нужно привести к json. Подобным образом, hstore_to_jsonb применяется, когда значение hstore нужно привести к jsonb.

> **Примечание**
>
> Функция populate_record на самом деле объявлена как принимающая в первом аргументе anyelement, а не record, но если ей будет передан не тип записи, она выдаст ошибку.

## F.17.3. 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);
```

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.17.4. 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.17.5. 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.17.6. 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 расширенной блокировки таблицы, но не приводит к замусориванию таблицы старыми версиями строк.

## F.17.7. 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.

## F.17.8. 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.18. 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.18.1. 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.18.2. 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.19. 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.

## F.19.1. Функции и операторы `intarray`

Реализованные в модуле `intarray` функции перечислены в Таблице F.10, а операторы — в Таблице F.11.

**Таблица F.10. Функции `intarray`**

| Функция | Тип результата | Описание | Пример | Результат |
|---|---|---|---|---|
| `icount(int[])` | `int` | число элементов в массиве | `icount('{1,2,3}'::int[])` | `3` |

| Функция | Тип результата | Описание | Пример | Результат |
|---|---|---|---|---|
| sort(int[], text dir) | int[] | сортирует массив — в *dir* должно задаваться asc (по возрастанию) или desc (по убыванию) | sort('{1,2,3}'::int[], 'desc') | {3,2,1} |
| sort(int[]) | int[] | сортирует в порядке возрастания | sort(array[11,77,44]) | {11,44,77} |
| sort_asc(int[]) | int[] | сортирует в порядке возрастания | | |
| sort_desc(int[]) | int[] | сортирует в порядке убывания | | |
| uniq(int[]) | int[] | удаляет дубликаты | uniq(sort('{1,2,3,2,1}'::int[])) | {1,2,3} |
| idx(int[], int item) | int | индекс первого элемента, равного *item* (0, если такого нет) | idx(array[11,22,33,22,11], 22) | 2 |
| subarray(int[], int start, int len) | int[] | часть массива, начинающаяся с позиции *start* и состоящая из *len* элементов | subarray('{1,2,3,2,1}'::int[], 2, 3) | {2,3,2} |
| subarray(int[], int start) | int[] | часть массива, начинающаяся с позиции *start* | subarray('{1,2,3,2,1}'::int[], 2) | {2,3,2,1} |
| intset(int) | int[] | создаёт массив с одним элементом | intset(42) | {42} |

**Таблица F.11. Операторы intarray**

| Оператор | Возвращает | Описание |
|---|---|---|
| int[] && int[] | boolean | пересекается с — true, если массивы имеют минимум один общий элемент |
| int[] @> int[] | boolean | включает — true, если левый массив содержит правый массив |
| int[] <@ int[] | boolean | включается в — true, если левый массив содержится в правом массиве |
| # int[] | int | число элементов в массиве |
| int[] # int | int | индекс элемента (делает то же, что и функция idx) |
| int[] + int | int[] | вставляет элемент в массив (добавляет его в конец массива) |
| int[] + int[] | int[] | соединяет массивы (правый массив добавляется в конец левого) |

| Оператор | Возвращает | Описание |
|---|---|---|
| `int[] - int` | `int[]` | удаляет из массива записи, равные правому аргументу |
| `int[] - int[]` | `int[]` | удаляет из левого массива элементы правого массива |
| `int[] \| int` | `int[]` | объединение аргументов |
| `int[] \| int[]` | `int[]` | объединение массивов |
| `int[] & int[]` | `int[]` | пересечение массивов |
| `int[] @@ query_int` | `boolean` | `true`, если массив удовлетворяет запросу (см. ниже) |
| `query_int ~~ int[]` | `boolean` | `true`, если запросу удовлетворяет массив (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.19.2. Поддержка индексов

Модуль `intarray` поддерживает индексы для операторов `&&`, `@>`, `<@` и `@@`, а также обычную проверку равенства массивов.

Модуль предоставляет два 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.

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.19.3. Пример

```
-- сообщение может относиться к одной или нескольким «секциям»
CREATE TABLE message (mid INT PRIMARY KEY, sections INT[], ...);

-- создать специализированный индекс
CREATE INDEX message_rdtree_idx ON message USING GIST (sections gist__int_ops);
```

```
-- 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.19.4. Тестирование производительности

В каталоге исходного кода `contrib/intarray/bench` содержится набор 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.19.5. 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.20. 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.

## F.20.1. Типы данных

В Таблице F.12 перечислены типы данных, реализованные модулем `isn`.

**Таблица F.12. 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 |

| Тип данных | Описание |
|---|---|
| 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.20.2. 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.20.3. 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.13. В этой таблице под `isn` понимается один из типов данных модуля.

**Таблица F.13. Функции `isn`**

| Функция | Возвращает | Описание |
|---|---|---|
| `isn_weak(boolean)` | `boolean` | Устанавливает ослабленный режим проверки ввода (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.20.4. 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.20.5. Библиография

Информация, на основе которой реализован этот модуль, была собрана с нескольких сайтов, включая:

- *http://www.isbn-international.org/*
- *http://www.issn.org/*
- *http://www.ismn-international.org/*
- *http://www.wikipedia.org/*

Префиксы, используемые для группирования цифр, были также взяты с:

- *http://www.gs1.org/productssolutions/idkeys/support/prefix_list.html*
- *http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_ISBN_identifier_groups*
- *https://www.isbn-international.org/content/isbn-users-manual*
- *http://en.wikipedia.org/wiki/International_Standard_Music_Number*
- *http://www.ismn-international.org/ranges.html*

Алгоритмы реализованы со всей тщательностью и скрупулёзно сверены с алгоритмами, предлагаемыми в официальных руководствах ISBN, ISMN, ISSN.

## F.20.6. Автор

Герман Мендез Браво (Kronuz), 2004 — 2006

Этот модуль написан под влиянием кода `isbn_issn` Гаретта А. Уоллмена.

# F.21. 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`.

## F.21.1. 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.21.2. 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 PROCEDURE 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.21.3. 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.21.4. Автор

Питер Маунт `<peter@retep.org.uk>`

# F.22. 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.

## F.22.1. 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 байт.

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. Длина пути метки должна быть меньше 65 КБ, но лучше, если она будет в пределах 2 КБ.

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`. Простое слово выбирает путь с этой меткой. Звёздочка (`*`) выбирает ноль или более меток. Например:

  ```
  foo         Выбирает в точности путь метки foo
  *.foo.*     Выбирает путь, содержащий метку foo
  *.foo       Выбирает путь, в котором последняя метка foo
  ```

  Звёздочке можно также добавить числовую характеристику, ограничивающую число потенциально совпадающих меток:

  ```
  *{n}        Выбирает ровно n меток
  *{n,}       Выбирает не меньше n меток
  *{n,m}      Выбирает не меньше n и не больше m меток
  *{,m}       Выбирает не больше m меток — то же самое, что и  *{0,m}
  ```

  В конце метки, отличной от звёздочки, в `lquery` можно добавить модификаторы, чтобы найти что-то сложнее, чем точное соответствие:

  ```
  @           Выбирать метки без учёта регистра, например, запросу a@ соответствует A
  *           Выбирать любую метку с данным префиксом, например запросу foo*
   соответствует foobar
  %           Выбирать начальные слова, разделённые подчёркиваниями
  ```

  Поведение модификатора `%` несколько нетривиальное. Он пытается найти соответствие по словам, а не по всей метке. Например, запросу `foo_bar%` соответствует `foo_bar_baz` но не `foo_barbaz`. В сочетании с `*`, сопоставление префикса применяется отдельно к каждому слову, например запросу `foo_bar%*` соответствует `foo1_bar2_baz`, но не `foo1_br2_baz`.

  Также вы можете записать несколько различных меток через знак `|` (обозначающий ИЛИ) для выборки любой из этих меток, либо добавить знак `!` (НЕ) в начале, чтобы выбрать все метки, не соответствующие указанным альтернативам.

  Расширенный пример `lquery`:

  ```
  Top.*{0,2}.sport*@.!football|tennis.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 метку, отличную 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.22.2. 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.14.

**Таблица F.14. Операторы `ltree`**

| Оператор | Возвращает | 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` | значение `ltree` соответствует `lquery`? |
| `lquery ~ ltree` | `boolean` | значение `ltree` соответствует `lquery`? |
| `ltree ? lquery[]` | `boolean` | значение `ltree` соответствует одному из `lquery` в массиве? |
| `lquery[] ? ltree` | `boolean` | значение `ltree` соответствует одному из `lquery` в массиве? |
| `ltree @ ltxtquery` | `boolean` | значение `ltree` соответствует `ltxtquery`? |
| `ltxtquery @ ltree` | `boolean` | значение `ltree` соответствует `ltxtquery`? |
| `ltree \|\| ltree` | `ltree` | объединяет два пути `ltree` |
| `ltree \|\| text` | `ltree` | преобразует текст в `ltree` и объединяет с путём |
| `text \|\| ltree` | `ltree` | преобразует текст в `ltree` и объединяет с путём |
| `ltree[] @> ltree` | `boolean` | массив содержит предка `ltree`? |
| `ltree <@ ltree[]` | `boolean` | массив содержит предка `ltree`? |

| Оператор | Возвращает | Описание |
|---|---|---|
| `ltree[] <@ ltree` | `boolean` | массив содержит потомка `ltree`? |
| `ltree @> ltree[]` | `boolean` | массив содержит потомка `ltree`? |
| `ltree[] ~ lquery` | `boolean` | массив содержит путь, соответствующий `lquery`? |
| `lquery ~ ltree[]` | `boolean` | массив содержит путь, соответствующий `lquery`? |
| `ltree[] ? lquery[]` | `boolean` | массив `ltree` содержит путь, соответствующий любому из `lquery`? |
| `lquery[] ? ltree[]` | `boolean` | массив `ltree` содержит путь, соответствующий любому из `lquery`? |
| `ltree[] @ ltxtquery` | `boolean` | массив содержит путь, соответствующий `ltxtquery`? |
| `ltxtquery @ ltree[]` | `boolean` | массив содержит путь, соответствующий `ltxtquery`? |
| `ltree[] ?@> ltree` | `ltree` | первый элемент массива, являющийся предком `ltree`; NULL, если такого нет |
| `ltree[] ?<@ ltree` | `ltree` | первый элемент массива, являющийся потомком `ltree`; NULL, если такого нет |
| `ltree[] ?~ lquery` | `ltree` | первый элемент массива, соответствующий `lquery`; NULL, если такого нет |
| `ltree[] ?@ ltxtquery` | `ltree` | первый элемент массива, соответствующий `ltxtquery`; NULL, если такого 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.15.

**Таблица F.15. Функции `ltree`**

| Функция | Тип результата | Описание | Пример | Результат |
|---|---|---|---|---|
| `subltree(ltree, int start, int end)` | `ltree` | подпуть `ltree` от позиции *start* до позиции *end*-1 (начиная с 0) | `subltree( 'Top.Child1. Child2',1,2)` | `Child1` |
| `subpath(ltree, int offset, int len)` | `ltree` | подпуть `ltree`, начиная с позиции *offset*, длиной *len*. Если *offset* меньше нуля, подпуть начинается с этого смещения от конца пу- | `subpath( 'Top.Child1. Child2',0,2)` | `Top.Child1` |

| Функция | Тип результата | Описание | Пример | Результат |
|---|---|---|---|---|
| | | ти. Если *len* меньше нуля, будет отброшено заданное число меток с конца строки. | | |
| subpath(ltree, int offset) | ltree | 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 | число меток в пути | nlevel('Top.Child1.Child2') | 3 |
| index(ltree a, ltree b) | integer | позиция первого вхождения *b* в *a*; -1, если вхождения нет | index('0.1.2.3.5.4.5.6.8.5.6.8', '5.6') | 6 |
| index(ltree a, ltree b, int offset) | integer | позиция первого вхождения *b* в *a*, найденного от позиции *offset*; если *offset* меньше 0, поиск начинается с *-offset* меток от конца пути | index('0.1.2.3.5.4.5.6.8.5.6.8', '5.6',-4) | 9 |
| text2ltree(text) | ltree | приводит text к типу ltree | | |
| ltree2text(ltree) | text | приводит ltree к типу text | | |
| lca(ltree, ltree, ...) | ltree | наибольший общий предок путей (принимается до 8 аргументов) | lca('1.2.3', '1.2.3.4.5.6') | 1.2 |
| lca(ltree[]) | ltree | наибольший общий предок путей в массиве | lca(array['1.2.3'::ltree, '1.2.3.4']) | 1.2 |

## F.22.3. Индексы

ltree поддерживает несколько типов индексов, которые могут ускорить означенные операции:

- B-дерево по значениям ltree: <, <=, =, >=, >
- GiST по значениям ltree: <, <=, =, >=, >, @>, <@, @, ~, ?

  Пример создания такого индекса:

  ```
  CREATE INDEX path_gist_idx ON test USING GIST (path);
  ```

- GiST по столбцу ltree[]: ltree[] <@ ltree, ltree @> ltree[], @, ~, ?

  Пример создания такого индекса:

```
CREATE INDEX path_gist_idx ON test USING GIST (array_path);
```

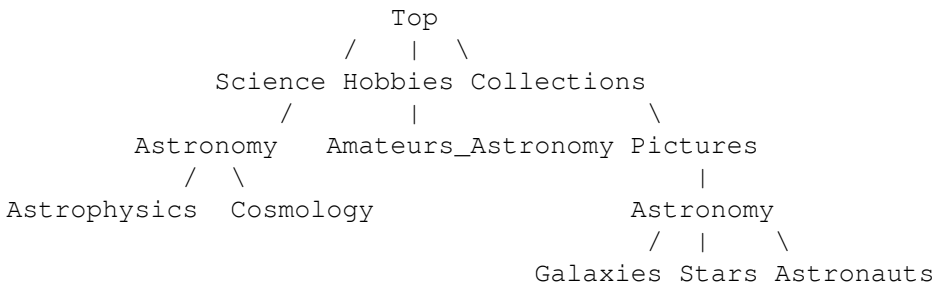
Примечание: Индекс этого типа является неточным.

## F.22.4. 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:




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.22.5. 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.)

## F.22.6. 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.23. 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.23.1. 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.23.2. 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`.

`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);
```

## F.23.3. Функции для индексов-B-деревьев

`bt_metap(relname text) returns record`

Функция `bt_metap` возвращает информацию о метастранице индекса-B-дерева. Например:

```
test=# SELECT * FROM bt_metap('pg_cast_oid_index');
-[ RECORD 1 ]-----
magic     | 340322
version   | 2
root      | 1
level     | 0
fastroot  | 1
fastlevel | 0
```

`bt_page_stats(relname text, blkno int) returns record`

`bt_page_stats` возвращает 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    | 256
dead_items    | 0
avg_item_size | 12
page_size     | 8192
free_size     | 4056
btpo_prev     | 0
btpo_next     | 0
btpo          | 0
btpo_flags    | 3
```

`bt_page_items(relname text, blkno int) returns setof record`

`bt_page_items` возвращает детализированную информацию обо всех элементах на странице B-дерева. Например:

```
test=# SELECT * FROM bt_page_items('pg_cast_oid_index', 1);
 itemoffset |  ctid   | itemlen | nulls | vars |    data
------------+---------+---------+-------+------+-------------
          1 | (0,1)   |      12 | f     | f    | 23 27 00 00
          2 | (0,2)   |      12 | f     | f    | 24 27 00 00
          3 | (0,3)   |      12 | f     | f    | 25 27 00 00
          4 | (0,4)   |      12 | f     | f    | 26 27 00 00
          5 | (0,5)   |      12 | f     | f    | 27 27 00 00
          6 | (0,6)   |      12 | f     | f    | 28 27 00 00
          7 | (0,7)   |      12 | f     | f    | 29 27 00 00
          8 | (0,8)   |      12 | f     | f    | 2a 27 00 00
```

На странице уровня листьев B-дерева, `ctid` указывает на кортеж в куче. На внутренней странице часть `ctid`, содержащая номер блока, указывает на другую страницу в самом индексе, а часть смещения (второе число) игнорируется и обычно равняется 1.

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 всех элементов, находящихся на странице, а поле `ctid` лишено смысла. Кроме того, на внутренних страницах первый действительный элемент дан-

ных (первый элемент после верхнего ключа) представляет элемент «минус бесконечность», без фактического значения в поле `data`. Однако такой элемент содержит в своём поле `ctid` корректную ссылку на данные.

`bt_page_items(page bytea) returns setof record`

Также можно передать функции `bt_page_items` страницу в виде значения `bytea`. Образ страницы для передачи в аргументе можно получить в результате вызова `get_raw_page`. Таким образом, последний пример можно также переписать так:

```
test=# SELECT * FROM bt_page_items(get_raw_page('pg_cast_oid_index', 1));
 itemoffset |  ctid   | itemlen | nulls | vars |    data
------------+---------+---------+-------+------+-------------
          1 | (0,1)   |      12 | f     | f    | 23 27 00 00
          2 | (0,2)   |      12 | f     | f    | 24 27 00 00
          3 | (0,3)   |      12 | f     | f    | 25 27 00 00
          4 | (0,4)   |      12 | f     | f    | 26 27 00 00
          5 | (0,5)   |      12 | f     | f    | 27 27 00 00
          6 | (0,6)   |      12 | f     | f    | 28 27 00 00
          7 | (0,7)   |      12 | f     | f    | 29 27 00 00
          8 | (0,8)   |      12 | f     | f    | 2a 27 00 00
```

Все остальные детали те же, что и с предыдущим вариантом вызова.

## F.23.4. 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.23.5. 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.23.6. 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.24. 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.25. 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_read_all_stats`. Дать доступ другим можно с помощью `GRANT`.

## F.25.1. Представление `pg_buffercache`

Определения столбцов, содержащихся в представлении, показаны в Таблице F.16.

**Таблица F.16. Столбцы `pg_buffercache`**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| `bufferid` | `integer` | | ID, в диапазоне 1..`shared_buffers` |
| `relfilenode` | `oid` | `pg_class.relfilenode` | Номер файлового узла для отношения |
| `reltablespace` | `oid` | `pg_tablespace.oid` | OID табличного пространства, содержащего отношение |
| `reldatabase` | `oid` | `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` | | 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.

При обращении к представлению `pg_buffercache` устанавливаются блокировки менеджера внутренних буферов на время, достаточное для копирования всех данных состояния буферов, которые будут выводиться в представлении. Благодаря этому представление выдаёт согласованный набор результатов, не блокируя при этом обычные операции с буфером дольше, чем необходимо. Тем не менее, это может повлиять на производительность базы данных, если обращаться к этому представлению часто.

## F.25.2. Пример вывода

```
regression=# SELECT c.relname, count(*) AS buffers
             FROM pg_buffercache b INNER 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()))
            GROUP BY c.relname
            ORDER BY 2 DESC
            LIMIT 10;

             relname             | buffers
---------------------------------+---------
 tenk2                           |     345
 tenk1                           |     141
 pg_proc                         |      46
 pg_class                        |      45
 pg_attribute                    |      43
 pg_class_relname_nsp_index      |      30
 pg_proc_proname_args_nsp_index  |      28
 pg_attribute_relid_attnam_index |      26
 pg_depend                       |      22
 pg_depend_reference_index       |      20
(10 rows)
```

## F.25.3. 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.26. pgcrypto

Модуль pgcrypto предоставляет криптографические функции для PostgreSQL.

## F.26.1. Стандартные функции хеширования

### F.26.1.1. 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.20.

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.26.1.2. 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.26.2. 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 зашифрованные 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.17 перечислены алгоритмы, поддерживаемые функцией `crypt()`.

**Таблица F.17. 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.26.2.1. `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.26.2.2. `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.18.

**Таблица F.18. 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.19 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.19. 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.26.3. Функции шифрования на базе PGP

Функции, описанные здесь, реализуют часть стандарта OpenPGP (RFC 4880), относящуюся к шифрованию. Они поддерживают шифрование как с симметричным, так и с закрытым ключом.

Зашифрованное PGP сообщение состоит из 2 частей или *пакетов*:

- Пакет, содержащий сеансовый ключ — либо симметричный, либо открытый (в зашифрованном виде).
- Пакет, содержащий данные, зашифрованные сеансовым ключом.

При шифровании 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 шифруется ключом S2K и результат помещается в пакет сеансового ключа.

При шифровании с открытым ключом:

1. Генерируется новый случайный сеансовый ключ.
2. Он зашифровывается открытым ключом и помещается в пакет сеансового ключа.

В любом случае данные, которые должны быть зашифрованы, 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 шифруется сеансовым ключом и помещается в пакет данных.

### F.26.3.1. `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
```

Шифрует данные (*`data`*) симметричным ключом PGP *`psw`*. В *`options`* могут передаваться криптографические параметры, описанные ниже.

### F.26.3.2. `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
```

Расшифровывает сообщение, зашифрованное симметричным ключом PGP.

Расшифровывать данные `bytea` функцией `pgp_sym_decrypt` запрещено. Это ограничение введено, чтобы не допустить вывода некорректных символьных данных. Расшифровывать изначально текстовые данные с помощью `pgp_sym_decrypt_bytea` можно без ограничений.

Аргумент *`options`* может содержать криптографические параметры, описанные ниже.

### F.26.3.3. `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
```

Зашифровывает данные (*`data`*) открытым ключом PGP (*`key`*). Если передать этой функции закрытый ключ, она выдаст ошибку.

Аргумент *`options`* может содержать криптографические параметры, описанные ниже.

### F.26.3.4. `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
```

Расшифровывает сообщение, зашифрованное открытым ключом. В *`key`* должен передаваться закрытый ключ, соответствующий открытому ключу, применяющемуся при шифровании. Если секретный ключ защищён паролем, этот пароль нужно передать в параметре *`psw`*. Если пароля нет, но необходимо передать криптографические параметры, вы должны передать пустой пароль.

Расшифровывать данные `bytea` функцией `pgp_pub_decrypt` запрещено. Это ограничение введено, чтобы не допустить вывода недопустимых символьных данных. Расшифровывать изначально текстовые данные с помощью `pgp_pub_decrypt_bytea` можно без ограничений.

Аргумент *`options`* может содержать криптографические параметры, описанные ниже.

### F.26.3.5. `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 зашифрованы данные, если ей передаётся зашифрованное сообщение.

Она может выдать два специальных идентификатора ключа:

- `SYMKEY`

  Сообщение зашифровано симметричным ключом.

- `ANYKEY`

  Сообщение зашифровано 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 расшифровать данные с каждым ключом, пока не найдёт подходящий — примерно так же, как и с `ANYKEY`.

### F.26.3.6. `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.26.3.7. 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.26.3.8. 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 шифрования. Функции расшифровывания получают параметры из данных PGP.

Вероятно, самые интересные параметры — это `compress-algo` и `unicode-mode`. Остальные должны иметь достаточно адекватные значения по умолчанию.

#### F.26.3.8.1. cipher-algo

Выбирает алгоритм шифрования.

Значения: bf, aes128, aes192, aes256 (только OpenSSL: `3des`, `cast5`)
По умолчанию: aes128
Применим к: pgp_sym_encrypt, pgp_pub_encrypt

#### F.26.3.8.2. 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.26.3.8.3. 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.26.3.8.4. convert-crlf

Определяет, преобразовывать ли `\n` в `\r\n` при шифровании и `\r\n` в `\n` при дешифровании. 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.26.3.8.5. 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.26.3.8.6. sess-key

Использовать отдельный сеансовый ключ. Для шифрования с открытым ключом всегда используется отдельный сеансовый ключ; этот параметр предназначен для шифрования с симметричным ключом, которое по умолчанию использует непосредственно ключ S2K.

Значения: 0, 1
По умолчанию: 0
Применим к: pgp_sym_encrypt

#### F.26.3.8.7. 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.26.3.8.8. 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.26.3.8.9. s2k-digest-algo

Выбирает алгоритм хеширования, который будет использоваться для вычисления S2K.

Значения: md5, sha1
По умолчанию: sha1
Применим к: pgp_sym_encrypt

#### F.26.3.8.10. s2k-cipher-algo

Выбирает шифр, который будет использоваться для шифрования отдельного сеансового ключа.

Значения: bf, aes, aes128, aes192, aes256
По умолчанию: используется cipher-algo
Применим к: pgp_sym_encrypt

#### F.26.3.8.11. 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.26.3.9. Формирование ключей PGP с применением GnuPG

Формирование нового ключа:

```
gpg --gen-key
```

Предпочитаемый тип ключей: «DSA and Elgamal».

Для шифрования RSA вы должны создать главный ключ либо DSA, либо RSA только для подписания, а затем добавить подключ для шифрования, 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 *http://www.gnupg.org*.

### F.26.3.10. Ограничения кода PGP

- Не поддерживается подписывание. Это также означает, что принадлежность подключа шифрования главному ключу не проверяется.
- Не поддерживается использование ключа шифрования 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.26.4. Низкоуровневые функции шифрования

Эти функции выполняют только шифрование данных; они не предоставляют расширенные возможности шифрования PGP. Таким образом, с ними связаны следующие проблемы:

1. Они используют ключ пользователя непосредственно в качестве ключа шифрования.
2. Они не обеспечивают проверку целостности, которая должна выявлять модификацию зашифрованных данных.
3. Они рассчитаны на то, что пользователи будут управлять всеми параметрами шифрования самостоятельно, даже вектором инициализации.
4. Они не рассчитаны на текст.

Поэтому с появлением поддержки шифрования PGP использовать низкоуровневые функции шифрования 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 зашифровывают/расшифровывают данные, применяя метод шифрования, 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 шифруется отдельно (только для тестирования)

и допустимое *дозаполнение*:

- pkcs — данные могут быть любой длины (по умолчанию)
- none — размер данных должен быть кратен размеру блока шифра

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.26.5. Функции получения случайных данных

```
gen_random_bytes(count integer) returns bytea
```

Возвращает криптографически 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).

## F.26.6. Замечания

### F.26.6.1. 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 шифрующие функции PGP могут сжимать данные перед шифрованием.

При компиляции с OpenSSL будут доступны дополнительные алгоритмы. Кроме того, функции шифрования с открытым ключом будут быстрее, так как OpenSSL содержит оптимизированные функции для работы с большими числами (BIGNUM).

**Таблица F.20. 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 |

| Функциональность | Встроенная | С OpenSSL |
|---|---|---|
| AES | да | да |
| DES/3DES/CAST5 | нет | да |
| Низкоуровневое шифрование | да | да |
| Симметричное шифрование PGP | да | да |
| Шифрование PGP с открытым ключом | да | да |

Замечания:

1. Автоматически выбирается любой алгоритм хеширования, который поддерживает OpenSSL. Это невозможно с шифрами, они должны поддерживаться явно.

### F.26.6.2. 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.26.6.3. 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 шифрование в клиентском приложении.

Эта реализация не противостоит *атакам по сторонним каналам*. Например, время, требующееся для выполнения функции дешифрования `pgcrypto`, будет разным для разного шифротекста заданного размера.

### F.26.6.4. Полезное чтение

- *http://www.gnupg.org/gph/en/manual.html*

  The GNU Privacy Handbook (Руководство GNU по обеспечению конфиденциальности)
- *http://www.openwall.com/crypt/*

  Описывает алгоритм crypt-blowfish.
- *http://www.stack.nl/~galactus/remailers/passphrase-faq.html*

  Как выбрать хороший пароль.
- *http://world.std.com/~reinhold/diceware.html*

  Интересный способ выбора пароля.
- *http://www.interhack.net/people/cmcurtin/snake-oil-faq.html*

  Описывает хорошую и плохую криптографию.

### F.26.6.5. Техническая информация

- *https://tools.ietf.org/html/rfc4880*

  Формат сообщений OpenPGP.
- *https://tools.ietf.org/html/rfc1321*

Алгоритм вычисления дайджеста сообщения MD5.

- *https://tools.ietf.org/html/rfc2104*

  HMAC: Хеширование по ключу для аутентификации сообщений.

- *http://www.usenix.org/events/usenix99/provos.html*

  Сравнение алгоритмов crypt-des, crypt-md5 и bcrypt.

- *http://en.wikipedia.org/wiki/Fortuna_(PRNG)*

  Описание Fortuna CSPRNG.

- *http://jlcooke.ca/random/*

  Драйвер `/dev/random` для Linux на базе Fortuna, написанный Жан-Люком Куком.

## F.26.7. Автор

Марко Крин `<markokr@gmail.com>`

Модуль `pgcrypto` заимствует код из следующих источников:

| Алгоритм | Автор | Источник исходного кода |
|---|---|---|
| Шифрование DES | Дэвид Буррен и другие | FreeBSD, libcrypt |
| Хеширование MD5 | Пол-Хеннинг Камп | FreeBSD, libcrypt |
| Шифрование 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.27. 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.27.1. 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 занята или свободна.

> **Примечание**
>
> Интерфейс был изменён в версии 8.4, в соответствии с нововведениями реализации FSM, которые появились в этой версии.

## F.27.2. 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.27.3. 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.28. pg_prewarm

Модуль pg_prewarm предоставляет удобную возможность загружать данные отношений в кеш операционной системы или в кеш буферов PostgreSQL.

## F.28.1. 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.

## F.28.2. Автор

Роберт Хаас `<rhaas@postgresql.org>`

# F.29. 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.29.1. 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.21.

**Таблица F.21. 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) |
| `modes` | `text[]` | Режим блокирования (больше одного для мультитранзакции), массив со значениями `Key Share`, `Share`, `For No Key Update`, |

| Имя | Тип | Описание |
|---|---|---|
| | | 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 в целом заблокирована кем-то ещё, 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.29.2. 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.29.3. Автор

Тацуо Исии

# F.30. pg_stat_statements

Модуль pg_stat_statements предоставляет возможность отслеживать статистику 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.30.1. 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 дан-

ных, идентификатора пользователя и идентификатора запроса (но в количестве, не превышающем максимальное число различных операторов, которые может отслеживать модуль). Столбцы представления показаны в Таблице F.22.

**Таблица F.22. Столбцы `pg_stat_statements`**

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| userid | oid | pg_authid .oid | OID пользователя, выполнявшего оператор |
| dbid | oid | 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 |
| calls | bigint | | Число выполнений |
| total_time | double precision | | Общее время, потраченное на оператор, в миллисекундах |
| min_time | double precision | | Минимальное время, потраченное на оператор, в миллисекундах |
| max_time | double precision | | Максимальное время, потраченное на оператор, в миллисекундах |
| mean_time | double precision | | Среднее время, потраченное на оператор, в миллисекундах |
| stddev_time | double precision | | Стандартное отклонение во времени, потраченном на оператор, в миллисекундах |
| rows | bigint | | Общее число строк, полученных или затронутых оператором |
| shared_blks_hit | bigint | | Общее число попаданий в разделяемый кеш блоков для данного оператора |
| shared_blks_read | bigint | | Общее число чтений разделяемых блоков для данного оператора |
| shared_blks_dirtied | bigint | | Общее число разделяемых блоков, «загрязнённых» данным оператором |
| shared_blks_written | bigint | | Общее число разделяемых блоков, записанных данным оператором |

| Имя | Тип | Ссылки | Описание |
|---|---|---|---|
| local_blks_hit | bigint | | Общее число попаданий в локальный кеш блоков для данного оператора |
| local_blks_read | bigint | | Общее число чтений локальных блоков для данного оператора |
| 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 чтений временных блоков для данного оператора |
| temp_blks_written | bigint | | Общее число записей временных блоков для данного оператора |
| blk_read_time | double precision | | Общее время, потраченное оператором на чтение блоков, в миллисекундах (если включён track_io_timing, или ноль в противном случае) |
| blk_write_time | double precision | | Общее время, потраченное оператором на запись блоков, в миллисекундах (если включён track_io_timing, или ноль в противном случае) |

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 за-

просов, 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.

Как правило, значения queryid можно считать надёжными и сравнимыми, только с условием, что версия сервера и детали метаданных каталога неизменны. Следовательно, 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.

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 не 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.

## F.30.2. Функции

pg_stat_statements_reset() returns void

Функция pg_stat_statements_reset очищает всю статистику, собранную к этому времени модулем pg_stat_statements. По умолчанию эту функцию могут выполнять только суперпользователи.

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 жела-

тельно 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.30.3. 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.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.30.4. Пример вывода

```
bench=# SELECT pg_stat_statements_reset();

$ pgbench -i bench
$ pgbench -c10 -t300 bench

bench=# \x
bench=# SELECT query, calls, total_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_time DESC LIMIT 5;
-[ RECORD 1 ]---------------------------------------------------------------
query       | UPDATE pgbench_branches SET bbalance = bbalance + $1 WHERE bid = $2;
calls       | 3000
total_time  | 9609.00100000002
rows        | 2836
hit_percent | 99.9778970000200936
-[ RECORD 2 ]---------------------------------------------------------------
query       | UPDATE pgbench_tellers SET tbalance = tbalance + $1 WHERE tid = $2;
calls       | 3000
total_time  | 8015.156
rows        | 2990
hit_percent | 99.9731126579631345
-[ RECORD 3 ]---------------------------------------------------------------
query       | copy pgbench_accounts from stdin
calls       | 1
total_time  | 310.624
rows        | 100000
hit_percent | 0.30395136778115501520
-[ RECORD 4 ]---------------------------------------------------------------
query       | UPDATE pgbench_accounts SET abalance = abalance + $1 WHERE aid = $2;
calls       | 3000
total_time  | 271.741999999997
rows        | 3000
hit_percent | 93.7968855088209426
-[ RECORD 5 ]---------------------------------------------------------------
query       | alter table pgbench_accounts add primary key (aid)
calls       | 1
total_time  | 81.42
rows        | 0
hit_percent | 34.4947735191637631
```

## F.30.5. Авторы

Такахиро Итагаки <itagaki.takahiro@oss.ntt.co.jp>. Нормализацию запросов добавил Питер Гейган <peter@2ndquadrant.com>.

# F.31. pgstattuple

Модуль pgstattuple предоставляет различные функции для получения статистики на уровне кортежей.

Так как эти функции возвращают подробную информацию, относящуюся к уровню страницы, только суперпользователь имеет право выполнять их (EXECUTE) после установки. После того как эти функции установлены, с помощью команды GRANT можно изменить права доступа к этим функциям, чтобы выполнять их могли не только суперпользователи. По умолчанию доступ к ним имеют члены роли pg_stat_scan_tables. За подробностями обратитесь к описанию команды GRANT.

## F.31.1. 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.23.

**Таблица F.23. 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 |
| `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) |
| 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 |

| Столбец | Тип | Описание |
|---|---|---|
| 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.24.

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.24. 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.31.2. Авторы

Тацуо Исии, Сатоши Нагаясу и Абхиджит Менон-Сен

# F.32. 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.

## F.32.1. 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.32.2. Функции и операторы

Реализованные в модуле pg_trgm функции перечислены в Таблице F.25, а операторы — в Таблице F.26.

**Таблица F.25. Функции pg_trgm**

| Функция | Возвращает | 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. |
| show_limit() | real | Возвращает текущий порог схожести, который использует оператор %. Это значение задаёт минимальную схожесть между |

| Функция | Возвращает | Описание |
|---|---|---|
| | | двумя словами, при которой они считаются настолько близкими, что одно может быть, например, ошибочным написанием другого (*устаревшая*). |
| `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*). |

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.

**Таблица F.26. Операторы `pg_trgm`**

| Оператор | Возвращает | 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` | `real` | Возвращает «расстояние» между аргументами, то есть один минус значение `similarity()`. |
| `text <<-> text` | `real` | Возвращает «расстояние» между аргументами, то есть |

| Оператор | Возвращает | Описание |
|---|---|---|
| | | один минус значение word_similarity() . |
| text <->> text | real | Коммутирующий оператор для <<->. |

## F.32.3. 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).

## F.32.4. 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);
```

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. Например:

```
SELECT t, 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 найдётся непрерывный фрагмент в упорядоченном наборе триграмм, достаточно схожий с набором триграмм строки *слово*. При этом возвращённые значения будут отсортированы от наиболее к наименее схожим. Этот индекс будет использоваться для ускорения поиска даже с очень большим объёмом данных.

Другой вариант предыдущего запроса:

```
SELECT t, 'слово' <<-> t AS dist
  FROM test_trgm
  ORDER BY dist LIMIT 10;
```

Он может быть довольно эффективно выполнен 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.32.5. 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.32.6. 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.32.7. 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.33. 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.33.1. 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.33.2. Автор

Роберт Хаас `<rhaas@postgresql.org>`

# F.34. 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 или DELETE. (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.

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 предложения WHERE не совсем 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.34.1. Параметры обёртки для postgres_fdw

### F.34.1.1. 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 недопустимых параметров:

- user и password (их следует задавать в сопоставлениях пользователей)
- client_encoding (автоматически принимается равной локальной кодировке сервера)
- fallback_application_name (всегда postgres_fdw)

Подключаться к сторонним серверам без аутентификации по паролю могут только суперпользователи, поэтому в сопоставлениях для обычных пользователей всегда нужно задавать пароль (password).

### F.34.1.2. 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.34.1.3. 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.34.1.4. 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, производитель-

ность 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.34.1.5. 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.34.1.6. 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.

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_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.34.2. 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.34.3. 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.34.4. 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 локальные триггеры BEFORE/AFTER уровня строки и 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.34.5. 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.34.6. 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 вложен-

ный SELECT с OFFSET 0 в качестве защиты от оптимизации, и применив проблематичную функцию или оператор снаружи этого вложенного SELECT.

## F.34.7. 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.34.8. Автор

Шигеру Ханада <shigeru.hanada@gmail.com>

# F.35. 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.

## F.35.1. 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.35.2. 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.27; некоторые примеры приведены в Таблице F.28.

В Таблице F.27 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.27. 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.28. 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 `...` часто используется в источниках данных, он принимается в качестве альтернативного написания `...` 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.35.3. 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.35.4. Использование

Модуль `seg` включает класс операторов индекса GiST для значений `seg`. Операторы, поддерживаемые этим классом операторов, перечислены в Таблице F.29.

**Таблица F.29. Операторы seg для GiST**

| Оператор | Описание |
|---|---|
| `[a, b] << [c, d]` | [a, b] полностью находится левее [c, d]. То есть, [a, b] << [c, d] — true, если b < c, и false в противном случае. |
| `[a, b] >> [c, d]` | [a, b] полностью находится правее [c, d]. То есть, [a, b] >> [c, d] — true, если a > d, и false в противном случае. |
| `[a, b] &< [c, d]` | Пересекает или левее — Ещё лучше это читается как «не простирается правее». Результатом будет true, когда b <= d. |
| `[a, b] &> [c, d]` | Пересекает или правее — Ещё лучше это читается как «не простирается левее». Результатом будет true, когда a >= c. |
| `[a, b] = [c, d]` | Равенство — сегменты [a, b] и [c, d] равны, то есть, a = c и b = d. |
| `[a, b] && [c, d]` | Сегменты [a, b] и [c, d] пересекаются. |
| `[a, b] @> [c, d]` | Сегмент [a, b] содержит сегмент [c, d], то есть, a <= c и b >= d. |

| Оператор | Описание |
|---|---|
| `[a, b] <@ [c, d]` | Сегмент [a, b] содержится в [c, d], то есть, a >= c и b <= d. |

(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 поддерживаются стандартные операторы для B-дерева, например:

| Оператор | Описание |
|---|---|
| `[a, b] < [c, d]` | Меньше |
| `[a, b] > [c, d]` | Больше |

Эти операторы не имеют большого смысла ни для какой практической цели, кроме сортировки. 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.35.5. Замечания

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.35.6. 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 (*http://dbcsberkeleyedu/jmh/*) за пояснение сути GiST (*http://gistcsberkeleyedu/*). 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.36. 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.36.7.

## F.36.1. 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.36.2. 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.36.3. 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.36.2. 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. 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.36.8.

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.36.4. 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.36.5. Функциональные возможности

### F.36.5.1. 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 на-

зывается 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.36.5.2. 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 = md5sum(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.36.5.3. Разрешения для DDL

SELinux определяет набор разрешений для управления стандартными операциями для каждого типа объекта: создание, изменение определения, удаление и смена метки безопасности. В допол-

нение 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.36.5.4. 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.36.5.5. 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.36.5.6. Разное

Выполнение команды LOAD в активном режиме запрещается, так как любой загруженный модуль может легко обойти ограничения политики безопасности.

## F.36.6. Функции sepgsql

В Таблице F.30 перечислены все доступные функции.

**Таблица F.30. Функции sepgsql**

| | |
|---|---|
| `sepgsql_getcon() returns text` | Возвращает клиентский домен, текущую метку безопасности клиента. |
| `sepgsql_setcon(text) returns bool` | 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) returns text` | Переводит заданный диапазон MLS/MCS из полной записи в низкоуровневый формат, если работает демон mcstrans. |
| `sepgsql_mcstrans_out(text) returns text` | Переводит заданный диапазон MLS/MCS из низкоуровневого формата в полную запись, если работает демон mcstrans. |
| `sepgsql_restorecon(text) returns bool` | 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.36.7. 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.36.8. 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.36.9. Автор

КайГай Кохэй <kaigai@ak.jp.nec.com>

# F.37. 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.37.1. 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.37.2. timetravel — функции для реализации перемещений во времени

В далёком прошлом в PostgreSQL была встроенная возможность перемещений во времени, для которой фиксировалось время добавления и удаления каждого кортежа. Эти функции позволяют её имитировать. Чтобы использовать их, вы должны добавить в таблицу два столбца типа `abstime`, в которых будет храниться дата/время, когда кортеж был вставлен (start_date) и когда изменён/удалён (stop_date):

```
CREATE TABLE mytab (
        ...             ...
        start_date      abstime,
        stop_date       abstime
        ...             ...
);
```

Эти столбцы могут называться как угодно, но в данном описании они называются start_date и stop_date.

Когда вставляется новая строка, в start_date обычно устанавливается текущее время, а в stop_date — `infinity` (бесконечность). Триггер автоматически подставит эти значения, если добавляемая строка содержит NULL в этих столбцах. Обычно не NULL в этих столбцах может оказаться только при загрузке в базу выгруженных данных.

Кортежи, в которых поле stop_date равно `infinity`, считаются «актуальными сейчас» и могут быть изменены. Кортежи с определённой датой stop_date больше не могут быть изменены — триггер будет препятствовать этому. (Если вам нужно сделать это, вы можете отключить машину времени как показано ниже.)

Если кортеж является изменяемым, при модификации в нём меняется только stop_date (на текущее время), но в таблицу вставляется новый кортеж с модифицированными данными. В поле start_date в этом новом кортеже записывается текущее время, а в stop_date записывается `infinity`.

При удалении кортеж на самом деле не удаляется; в нём только записывается текущее время в stop_date.

Чтобы запросить кортежи «актуальные сейчас», добавьте `stop_date = 'infinity'` в условие WHERE вашего запроса. (Возможно, вы захотите завернуть это условие в представление.) Аналогичным образом вы можете запрашивать кортежи, которые были актуальны в любой момент в прошлом, задав подходящие условия для start_date и stop_date.

Функция `timetravel()` реализует код универсального триггера, поддерживающего это поведение. Чтобы использовать её, создайте триггер `BEFORE INSERT OR UPDATE OR DELETE` с этой функцией для каждой таблицы, перемещающейся во времени. Передайте триггеру два аргумента: фактические имена столбцов start_date и stop_date. Вы также можете дополнительно передать от одного до трёх аргументов, задающих имена столбцов типа `text`. Данный триггер сохранит имя текущего пользователя в первый из этих столбцов при INSERT, во второй — при UPDATE, и в третий — при DELETE.

Функция `set_timetravel()` позволяет включить или отключить машину времени для таблицы. Вызов `set_timetravel('mytab', 1)` включает машину времени для таблицы `mytab`, а `set_timetravel('mytab', 0)` — отключает её для таблицы `mytab`. В обоих случаях возвращается прежнее состояние. Когда машина времени выключена, вы можете свободно модифицировать столбцы start_date и stop_date. Заметьте, что состояние активности машины является локальным для текущего сеанса базы данных — в новых сеансах машина времени всегда включена для всех таблиц.

Функция `get_timetravel()` возвращает состояние перемещения во времени для таблицы, не меняя его.

Пример приведён в `timetravel.example`.

## F.37.3. 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.37.4. 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.37.5. 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.38. 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.

Это расширение не будет собираться, если конфигурация была произведена без ключа `--with-openssl`.

## F.38.1. 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 файле `root.crt` вашего сервера 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.38.2. Автор

Виктор Вагнер <vitus@cryptocom.ru>, ООО «Криптоком»

Дмитрий Воронин <carriingfate92@yandex.ru>

Электронный адрес группы разработчиков OpenSSL в Криптокоме: <openssl@cryptocom.ru>

# F.39. 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.

## F.39.1. Предоставляемые функции

Функции, предоставляемые модулем tablefunc, перечислены в Таблице F.31.

**Таблица F.31. Функции tablefunc**

| Функция | Возвращает | Описание |
|---|---|---|
| normal_rand(int numvals, float8 mean, float8 stddev) | setof float8 | Выдаёт набор случайных значений, имеющих нормальное распределение |
| crosstab(text sql) | setof record | Выдаёт «повёрнутую таблицу», содержащую имена строк плюс *N* столбцов значений, где *N* определяется видом строк, заданным в вызывающем запросе |
| crosstab*N*(text sql) | setof table_crosstab_ *N* | Выдаёт «повёрнутую таблицу», содержащую имена строк плюс *N* столбцов значений. Функции crosstab2, crosstab3 и crosstab4 предопределены, но вы можете создать дополни- |

| Функция | Возвращает | Описание |
|---|---|---|
| | | тельные функции crosstab*N*, как описано ниже |
| crosstab(text source_sql, text category_sql) | setof record | Выдаёт «повёрнутую таблицу» со столбцами значений, заданными вторым запросом |
| crosstab(text sql, int N) | setof record | Устаревшая версия crosstab(text) . Параметр *N* теперь игнорируется, так как число столбцов значений всегда определяется вызывающим запросом |
| connectby(text relname, text keyid_fld, text parent_keyid_fld [, text orderby_fld ], text start_with, int max_depth [, text branch_delim ]) | setof record | Выдаёт представление иерархической древовидной структуры |

### F.39.1.1. 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.39.1.2. 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.39.1.3. crosstab*N*(text)

```
crosstabN(text sql)
```

Функции `crosstabN` 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.39.1.4. `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.39.1.5. 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.32.

**Таблица F.32. 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 глуби-

ну 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.39.2. Автор

Джо Конвей

# F.40. 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`.

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 procedure 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.41. 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.42. 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.

## F.42.1. 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.43. 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.

## F.43.1. 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.44. 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.

## F.44.1. 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.44.2. 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.44.3. 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.45. 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.

## F.45.1. Функции `uuid-ossp`

В Таблице F.33 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.33. Функции для генерирования UUID**

| Функция | Описание |
|---|---|
| `uuid_generate_v1()` | Эта функция 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()` | Эта функция генерирует UUID версии 1, но вместо реального MAC-адреса компьютера используется случайный групповой MAC-адрес. |
| `uuid_generate_v3(namespace uuid, name text)` | Эта функция 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.34. (Хотя теоретически это может быть любой UUID.) Имя задаёт идентификатор в выбранном пространстве имён.<br><br>Например:<br><br>`SELECT uuid_generate_v3(uuid_ns_url(), 'http://www.postgresql.org');`<br><br>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()` | Эта функция генерирует UUID версии 4, который всецело определяется случайными числами. |
| `uuid_generate_v5(namespace uuid, name text)` | Эта функция 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.34. Функции, возвращающие UUID-константы**

| | |
|---|---|
| `uuid_nil()` | «Нулевой» UUID, который не считается действительным UUID. |
| `uuid_ns_dns()` | Константа, обозначающая пространство имён DNS для UUID. |
| `uuid_ns_url()` | Константа, обозначающая пространство имён URL для UUID. |
| `uuid_ns_oid()` | Константа, обозначающая пространство имён идентификаторов объектов ISO (OID, ISO Object Identifier) для UUID. (Здесь имеются в виду иден- |

| | |
|---|---|
| | тификаторы объектов ASN.1, которые никак не связаны с OID, применяемыми в PostgreSQL.) |
| `uuid_ns_x500()` | Константа, обозначающая пространство имён с уникальными именами X.500 для UUID. |

## F.45.2. 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, NetBSD 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.

> **Примечание**
>
> Если вам нужны только случайные UUID (версии 4), в качестве альтернативы вы можете использовать функцию `gen_random_uuid()` из модуля pgcrypto.

## F.45.3. Автор

Питер Эйзентраут `<peter_e@gmx.net>`

# F.46. xml2

Модуль `xml2` предоставляет функции для выполнения запросов XPath и преобразований XSLT.

## F.46.1. 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.46.2. Описание функций

Функции, предоставляемые этим модулем, перечислены в Таблице F.35. Эти функции позволяют выполнять простой разбор XML и запросы XPath. Все их аргументы имеют тип `text`, поэтому для краткости типы опущены.

**Таблица F.35. Функции**

| Функция | Возвращает | Описание |
|---|---|---|
| `xml_valid(document)` | `bool` | Эта функция разбирает текст документа, переданный в параметре, и возвращает true, ес- |

| Функция | Возвращает | Описание |
|---|---|---|
| | | ли 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, query)` | `text` | Эти функции обрабатывают запрос XPath для переданного документа и приводят результат к указанному типу. |
| `xpath_number(document, query)` | `float4` | |
| `xpath_bool(document, query)` | `bool` | |
| `xpath_nodeset(document, query, toptag, itemtag)` | `text` | Эта функция обрабатывает запрос для документа и помещает результат внутрь XML-тегов. Если результат содержит несколько значений, она выдаст:<br>`<toptag>`<br>`<itemtag>Значение 1, которое может быть фрагментом XML</itemtag>`<br>`<itemtag>Значение 2....</itemtag>`<br>`</toptag>`<br>Если `toptag` или `itemtag` — пустая строка, соответствующий тег опускается. |
| `xpath_nodeset(document, query)` | `text` | Подобна `xpath_nodeset(document, query, toptag, itemtag)` , но выводит результат без обоих тегов. |
| `xpath_nodeset(document, query, itemtag)` | `text` | Подобна `xpath_nodeset(document, query, toptag, itemtag)` , но выводит результат без `toptag`. |
| `xpath_list(document, query, separator)` | `text` | Эта функция возвращает несколько значений, вставляя между ними заданный разделитель, например: `Значение 1, Значение 2,Значение 3` , если разделитель — знак , . |
| `xpath_list(document, query)` | `text` | Это обёртка предыдущей функции, устанавливающая в качестве разделителя знак , . |

## F.46.3. 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.36.

**Таблица F.36. 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.46.3.1. 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.46.4. Функции XSLT

Если установлена libxslt, доступны следующие функции:

### F.46.4.1. 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 присвоений 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.46.5. 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 секции `contrib` в целом и серверных расширениях и модулях 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 66.

> **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*
: показать информацию о таблице, к которой относится *файловый_узел*

`-i`
: включить в вывод индексы и последовательности

`-o` *oid*
: показать информацию о таблице с OID, равным *oid*

`-q`
: не выводить заголовки (полезно для скриптов)

`-s`
: показать OID табличных пространств

`-S`
: включить в вывод системные объекты (те, что находятся в схемах `information_schema`, `pg_toast` и `pg_catalog`)

`-t` *шаблон_имён_таблиц*
: показать информацию о таблицах, подпадающих под *шаблон_имён_таблиц*

`-V`
`--version`
: вывести версию oid2name и завершиться.

`-x`
: 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`*

целевая база данных

`-H` *`сервер`*

адрес сервера баз данных

`-p` *`порт`*

порт сервера баз данных

`-U` *`имя_пользователя`*

имя пользователя для подключения

`-P` *`пароль`*

пароль (устаревшая возможность — указание пароля в командной строке угрожает безопасности)

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`.

## Замечания

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*...] *имя_бд*...

## 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*

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`

Не удалять ничего, только показать, какие операции должны были выполняться.

`-v`

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` *компьютер*

Адрес сервера баз данных.

`-p` *порт*

Порт сервера баз данных.

`-U` *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`

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.

### Замечания

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 файл конфигурации `recovery.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.

## Замечания

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. Некоторые из этих проектов перечислены в Таблице H.1. 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.

**Таблица H.1. Отдельно поддерживаемые клиентские интерфейсы**

| Название | Язык | Комментарии | Сайт |
|---|---|---|---|
| DBD::Pg | Perl | DBI-драйвер для Perl | *https://metacpan.org/release/DBD-Pg/* |
| JDBC | Java | JDBC-драйвер типа 4 | *https://jdbc.postgresql.org/* |
| libpqxx | C++ | Интерфейс C++ | *http://pqxx.org/* |
| node-postgres | JavaScript | Драйвер Node.js | *https://node-postgres.com/* |
| Npgsql | .NET | Провайдер данных для .NET | *http://www.npgsql.org/* |
| pgtcl | Tcl | | *https://github.com/flightaware/Pgtcl* |
| pgtclng | Tcl | | *http://sourceforge.net/projects/pgtclng/* |
| pq | Go | Драйвер на Go для интерфейса database/sql | *https://github.com/lib/pq* |
| psqlODBC | ODBC | ODBC-драйвер | *https://odbc.postgresql.org/* |
| psycopg | Python | Интерфейс, совместимый с DB API 2.0 | *http://initd.org/psycopg/* |

## H.2. Средства администрирования

Для PostgreSQL выпускаются 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. Проекты некоторых из этих языков перечислены в Таблице H.2. 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.

**Таблица H.2. Поддерживаемые отдельно процедурные языки**

| Название | Язык | Сайт |
|---|---|---|
| PL/Java | Java | *https://tada.github.io/pljava/* |
| PL/Lua | Lua | *https://github.com/pllua/pllua* |
| PL/R | R | *https://github.com/postgres-plr/plr* |
| PL/sh | Оболочка Unix | *https://github.com/petere/plsh* |
| PL/v8 | JavaScript | *https://github.com/plv8/plv8* |

# 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 пишется на языке разметки *DocBook*, который отдалённо напоминает HTML. Оба эти языка являются приложениями SGML (*Standard Generalized Markup Language*, Стандартного обобщённого языка разметки), который по сути является языком описания других языков. В следующем описании используется как термин DocBook, так и SGML, но технически они не взаимозаменяемы.

> **Примечание**
>
> Документация PostgreSQL в настоящее время переводится с формата DocBook SGML со стилями DSSSL в формат DocBook XML со стилями XSLT. Убедитесь, что вы читаете инструкции к той версии PostgreSQL, с которой имеете дело, так как процедуры и набор инструментов будут меняться.

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. Новичкам будет очень полезно руководство *NewbieDoc Docbook Guide*. Кроме того, в *Проекте документации FreeBSD* (FreeBSD Documentation Project) так же 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 4.2; более ранняя или более поздняя версия не подойдёт. Использовать нужно вариации SGML и XML формата DocBook этой же версии. Обычно они распространяются в отдельных пакетах.

*Сущности символов ISO 8879*

Они требуются форматом DocBook SGML, но распространяются отдельно, так как поддерживаются комитетом ISO.

*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.

*OpenSP*

Это базовый пакет для обработки SGML. Заметьте, что мы более не нуждаемся в OpenJade, процессоре DSSSL, а пакет OpenSP используем только для преобразования SGML в XML.

*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.

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.

Вы можете обойтись без локальной установки файлов DocBook XML и таблиц стилей DocBook XSLT, так как необходимые файлы будут загружены из Интернета и помещены в локальный кеш. Этот вариант на самом деле может быть предпочтительным, если в пакетах вашей операционной системы предоставляются только старые версии файлов (особенно стилей) или если таких пакетов нет вовсе. Дополнительную информацию вы можете получить, ознакомившись с параметром `--nonet` программ `xmllint` и `xsltproc`.

## J.2.1. Установка в Fedora, RHEL и производных системах

Чтобы установить требуемые пакеты, выполните:

```
yum install docbook-dtds docbook-style-xsl fop libxslt opensp
```

## J.2.2. Установка во FreeBSD

Проект документации FreeBSD сам активно использует DocBook, поэтому неудивительно, что для FreeBSD есть полный набор «портов» инструментария для сборки документации. Чтобы собирать документацию во FreeBSD, необходимо установить нижеперечисленные порты.

- `textproc/docbook-sgml`
- `textproc/docbook-xml`
- `textproc/docbook-xsl`
- `textproc/dsssl-docbook-modular`
- `textproc/libxslt`
- `textproc/fop`
- `textproc/opensp`

Чтобы установить требуемые пакеты, используя `pkg`, выполните:

```
pkg install docbook-sgml docbook-xml docbook-xsl fop libxslt opensp
```

Собирая документацию из каталога `doc`, вы должны применять `gmake`, так как существующий Makefile не подходит для `make`, имеющегося во FreeBSD.

Дополнительные сведения об инструментарии документации FreeBSD можно найти в *инструкциях проекта документации 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 docbook-xml docbook-xsl fop libxml2-utils opensp xsltproc
```

## J.2.4. macOS

Если вы используете систему MacPorts, вы можете получить необходимое программное обеспечение так:

```
sudo port install docbook-sgml-4.2 docbook-xml-4.2 docbook-xsl fop libxslt opensp
```

## J.2.5. Установка из исходного кода вручную

Процесс установки инструментария DocBook довольно сложен, поэтому, если для вашей системы есть готовые пакеты, используйте их. Мы опишем здесь только стандартную процедуру с обычными путями инсталляции и без «экстраординарных» функций. За подробностями вы можете обратиться к документации соответствующего пакета или вводному материалу по SGML.

### J.2.5.1. Установка OpenSP

Установка OpenSP заключается в процессе сборки в стиле GNU `./configure; make; make install`. Подробности можно найти в пакете исходного кода OpenJade. Вкратце:

```
./configure --enable-default-catalog=/usr/local/etc/sgml/catalog
make
make install
```

Обязательно запомните, какой путь вы задали для «каталога по умолчанию»; он понадобится вам позже. Вы можете и не задавать его, но тогда вам надо будет устанавливать путь к каталогу в переменной окружения `SGML_CATALOG_FILES` всякий раз, когда вы будете использовать программы из OpenSP. (Это может пригодиться, если OpenSP уже установлен и вы хотите установить остальные компоненты локально.)

### J.2.5.2. Установка DocBook DTD

1. Получите *пакет DocBook V4.2*.
2. Создайте каталог `/usr/local/share/sgml/docbook-4.2` и перейдите в него. (Расположение может быть и другим, но данный путь соответствует структуре каталогов, которой мы следуем здесь.)

   ```
   $ mkdir /usr/local/share/sgml/docbook-4.2
   $ cd /usr/local/share/sgml/docbook-4.2
   ```

3. Распакуйте архив:

   ```
   $ unzip -a ...../docbook-4.2.zip
   ```

   (Файлы архива будут распакованы в текущий каталог.)

4. Отредактируйте файл `/usr/local/share/sgml/catalog` (или тот, что был указан при инсталляции jade) и добавьте в него такую строку:

   ```
   CATALOG "docbook-4.2/docbook.cat"
   ```

5. Загрузите *архив сущностей символов ISO 8879*, распакуйте его и поместите файлы в тот же каталог, в который вы поместили файлы DocBook:

```
$ cd /usr/local/share/sgml/docbook-4.2
$ unzip ...../ISOEnts.zip
```

6. Запустите в каталоге с файлами DocBook и ISO следующую команду:

   ```
   perl -pi -e 's/iso-(.*).gml/ISO\1/g' docbook.cat
   ```

   (Она исправляет несоответствие имён в файле каталога DocBook и фактических имён файлов сущностей ISO.)

### J.2.6. 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 onsgmls... onsgmls
checking for DocBook V4.2... yes
checking for dbtoepub... dbtoepub
checking for xmllint... xmllint
checking for xsltproc... xsltproc
checking for osx... osx
checking for fop... fop
```

Если ни `onsgmls`, ни `nsgmls` не будут найдены, некоторые из следующих тестов будут пропущены. Программа `nsgmls` входит в состав пакета OpenSP. Вы можете передать configure в переменной окружения `NSGMLS` путь к этим программам, если они не находятся автоматически. Если «DocBook V4.2» не находится, значит вы не установили файлы DocBook DTD туда, где их может найти OpenSP, или не настроили корректно файлы каталогов. Прочитайте приведённые выше указания по установке.

## 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
```

### J.3.2. Страницы man

Для преобразования страниц DocBook `refentry` в формат *roff, подходящий для страниц man, мы используем стили DocBook XSL. Страницы man также распространяются в архиве tar, подобно HTML-версии. Чтобы создать страницы man, выполните:

```
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`**.

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

Форматы SGML и DocBook не страдают от обилия средств их редактирования с открытым исходным кодом. Чаще всего для написания документации используется редактор Emacs/XEmacs в подходящем режиме. В некоторых системах эти редакторы устанавливаются при типичной полной установке.

### J.4.1. Emacs/PSGML

Режим PSGML — наиболее популярный и мощный режим редактирования документов SGML. При правильной настройке в Emacs он позволяет вставлять теги и проверять корректность разметки. Его также можно использовать для редактирования HTML. Загружаемые файлы, инструкции по установке и подробную документацию вы можете найти на *сайте PSGML*.

Необходимо отметить важный момент относительно PSGML: его автор предполагал, что вашим основным каталогом с DTD SGML будет `/usr/local/lib/sgml`. Если же у вас, как и в приводимых ранее примерах, это каталог `/usr/local/share/sgml`, вам нужно дополнительно скорректировать предопределённый путь, либо воспользовавшись переменной окружения `SGML_CATALOG_FILES`, ли-

бо настроив соответственно вашу инсталляцию PSGML (как это сделать, можно узнать из его описания).

Поместите следующие строки в файл `~/.emacs` (изменив пути на подходящие для вашей системы):

```
; ********** для режима SGML (psgml)

(setq sgml-omittag t)
(setq sgml-shorttag t)
(setq sgml-minimize-attributes nil)
(setq sgml-always-quote-attributes t)
(setq sgml-indent-step 1)
(setq sgml-indent-data t)
(setq sgml-parent-document nil)
(setq sgml-exposed-tags nil)
(setq sgml-catalog-files '("/usr/local/share/sgml/catalog"))

(autoload 'sgml-mode "psgml" "Major mode to edit SGML files." t )
```

и добавьте в тот же файл запись для SGML в существующее определение `auto-mode-alist`:

```
(setq
  auto-mode-alist
  '(("\\.sgml$" . sgml-mode)
   ))
```

Используя PSGML, вы можете найти удобным вставлять подходящие объявления `DOCTYPE` в отдельные файлы книги, когда вы редактируете их. Например, редактируя текущий текст, который относится к главе приложений (appendix), вы можете обозначить документ как экземпляр документа «appendix», добавив в него следующую первую строку:

```
<!DOCTYPE appendix PUBLIC "-//OASIS//DTD DocBook V4.2//EN">
```

Это будет означать, что всё и вся, читающее этот SGML, сможет прочитать его правильно, и его корректность можно будет проверить командой `nsgmls -s docguide.sgml`. (Но вы должны будете убрать эту строку, прежде чем собирать весь комплект документации.)

## J.4.2. Другие режимы Emacs

GNU Emacs предлагает другой режим SGML, не такой мощный как PSGML, но при этом менее запутанный и тяжеловесный. Кроме того, в нём реализована подсветка синтаксиса (привязка шрифтов), которая бывает весьма полезна. Пример конфигурации для этого режима содержится в `src/tools/editors/emacs.samples`.

Норм Уолш предложил *главный режим* специально для DocBook, в котором также реализовал привязку шрифтов и ряд возможностей для оптимизации ввода текста.

# 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. Дополн-

нительные разделы верхнего уровня могут использоваться только в особых случаях; часто эта информация помещается в раздел «Использование».

Название

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.

Замечания

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. 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

*Heap-Only Tuples*, «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*

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 разбиением 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

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*

# 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. Jeffrey D. Ullman. Volume 1. Computer Science Press. 1988.


## 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


[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.

# Предметный указатель

## Символы


$, 33
$libdir, 1003
$libdir/plugins, 553, 1619
*, 106
.pgpass, 801
.pg_service.conf, 802
::, 38
_PG_fini, 1003
_PG_init, 1003
_PG_output_plugin_init, 1270
«грязное» чтение, 403
Булевы
  операторы (см. операторы, логические)
Ведение журнала
  файл current_logfiles и функция pg_current_logfile, 304
  функция pg_current_logfile, 304
Григорианский календарь , 2146
Источники репликации, 1275
Карта видимости, 2118
Карта свободного пространства, 2117
Каскадная репликация, 639
Логическое декодирование, 1266, 1268
Многоверсионное управление конкурентным доступом, 403
Отслеживание прогресса репликации, 1275
Оценка количества строк
  планировщик, 2125
Потоковая репликация, 639
Регрессионное тестирование, 733
Сериализуемая изоляция снимков, 403
Сетевые файловые системы, 475
Сетевые хранилища (NAS) (см. Сетевые файловые системы)
Символы Unicode
  в идентификаторах, 24
Синхронная репликация, 639
Слой инициализации, 2118
Слоты репликации
  Потоковая репликация, 647
Спецкоды Unicode
  в строковых константах, 26
Триггер
  Аргументы для триггерных функций, 1064
  на C, 1065
Файл сопоставления имён пользователей, 572
Фоновые рабочие процессы, 1263
Юлианская дата, 2146
автоочистка
  общая информация, 618
  параметры конфигурации, 544
автофиксация
  массовая загрузка данных, 434
агрегатная функция, 11
  вспомогательные функции, 1029
  вызов, 34
  движущийся агрегат, 1024
  полиморфная, 1025
  пользовательская, 1023
  с переменными аргументами, 1025
  сортирующая, 1027
  частичное агрегирование, 1028
агрегатные функции
  встроенные, 283
активность базы данных
  мониторинг, 667
аномалия сериализации, 404, 407
анонимные блоки кода, 1544
асинхронная фиксация данных, 721
аутентификация BSD, 582
аутентификация клиентского приложения, 565
баз данных
  право для создания, 585
база данных, 590
  создание, 3
базовый тип, 983
балансировка нагрузки, 639
битовая строка
  тип данных, 143
битовая строковая
  константа, 28
битовые строки
  функции, 203
блокировка
  мониторинг, 703
  рекомендательная, 414
большой объект, 819
быстрый путь, 782
версия, 5, 305
  совместимость, 489
взаимоблокировка, 413
  тайм-аут, 555
включение
  в файл конфигурации, 501
владелец, 59
внешнее соединение, 93
внешний ключ, 14, 53
восстановление на момент времени, 622
время
  константы, 131
  текущее, 236
  формат вывода, 131
    (см. также форматирование)
встраиваемый SQL
  в C, 830
выбор поля, 33
вывод ошибок
  в PL/pgSQL, 1143
выключение, 488

выражение
  порядок вычисления, 43
  синтаксис, 32
выражение значения, 32
выходной список, 1081
вычисляемое поле, 168
вычитание множеств, 107
генетическая оптимизация запросов, 530
гипотезирующие агрегатные функции
  встроенные, 289
глобальные данные
  в PL/Python, 1199
  в PL/Tcl, 1170
горячий резерв, 639
группировка, 101
данные часовых поясов, 453
дата
  константы, 131
  текущая, 236
  формат вывода, 131
    (см. также форматирование)
двоичная строка
  длина, 202
двоичные данные, 125
  функции, 201
двоичные строки
  конкатенация, 201
дерево запроса, 1080
диапазонный тип, 169
  индексы, 174
  исключение, 174
дизъюнкция, 179
динамическая загрузка, 555, 1003
дисковое пространство, 612
дисковое устройство, 726
дисперсия, 287
  для совокупности, 287
  по выборке, 288
длина
  двоичной строки (см. двоичные строки, длина)
  строки символов (см. строка символов, длина)
добавление, 88
доверенный
  PL/Perl, 1187
документ
  поиск текста, 368
доступная роль, 949
дублирование, 9, 107
естественное соединение, 94
журнал сервера, 533
  обслуживание файла журнала, 620
журнал событий
  журнал событий, 497
журнал транзакций (см. WAL)
загрузка системы
  запуск сервера, 476
задержка, 237
заключение строк в доллары, 27
запись
  функций, 44
запрос, 8, 92
зацикливание
  идентификаторов мультитранзакций, 617
  идентификаторов транзакций, 614
защита на уровне строк, 60
значение NULL
  в libpq, 771
  с ограничениями уникальности, 52
  значение по умолчанию, 48
  с ограничениями-проверками, 50
значение по умолчанию, 48
  изменение, 59
значимые цифры, 552
идентификатор
  длина, 24
  синтаксис, 23
идентификатор объекта
  тип данных, 175
идентификатор транзакции
  зацикливание, 614
иерархическая база данных, 6
изменение, 89
изменчивость
  функций, 1000
изменяемые представления, 1532
изоляция транзакций, 403
имена часовых поясов, 552
имя
  неполное, 67
  полное, 67
  синтаксис, 23
имя компьютера, 750
индекс, 353, 2357
  B-дерево, 354
  BRIN, 355, 2107
  по выражению, 359
  GIN, 355, 2101
    текстовый поиск, 399
  GiST, 354, 2080
    текстовый поиск, 399
  SP-GiST, 355, 2091
  для пользовательского типа данных, 1039
  и ORDER BY, 357
  неблокирующее построение, 1436
  объединение нескольких индексов, 358
  по хешу, 354
  сканирование только индекса, 363
  составной, 356
  уникальный, 358
  частичный, 359
индекс элемента, 33
индексы
  блокировки, 417
  контроль использования, 365
интервал
  формат вывода, 136

(см. также форматирование)
интерфейсы
поддерживаемые отдельно, 2448
информационная схема, 926
исключение по ограничению, 83, 531
исключения
в PL/pgSQL, 1134
в PL/Tcl, 1175
использование диска, 716
история
PostgreSQL, xxi
кавычки
и идентификаторы, 24
спецсимволы, 25
класс операторов, 362, 1039
кластер
баз данных (см. кластер баз данных)
кластер баз данных, 6, 474
кластеризация, 639
ключевое слово
синтаксис, 23
список, 2148
ковариация
выборки, 286
совокупности, 286
коды ошибок
libpq, 767
список, 2134
команда TABLE, 1653
комментарии
к объектам баз данных, 315
комментарий
в SQL, 30
компиляция
приложений с libpq, 808
компонент, 23
конкатенация значений tsvector, 379
конкурентный доступ, 403
константа, 25
контекст памяти
в SPI, 1249
контрольная точка, 722
конфигурация
восстановления
резервного сервера, 663
сервера
функции, 319
конъюнкция, 179
корреляция, 286
в планировщике запросов, 430
кросс-компиляция, 453
круг, 141, 242
куда протоколировать, 533
курсор
CLOSE, 1373
DECLARE, 1536
FETCH, 1597
MOVE, 1623
в PL/pgSQL, 1138
показ плана запроса, 1592
левое соединение, 94
линейная регрессия, 286
линии времени, 622
логический
тип данных, 136
локаль, 475, 596
массив, 155
ввод/вывод, 163
изменение, 159
константа, 156
конструктор, 40
обращение, 157
объявление, 155
поиск, 162
массив элементов
пользовательского типа, 1032
материализованные представления, 1953
реализация через правила, 1088
медиана, 36
(см. также процентиль)
метка (см. псевдоним)
метод TABLESAMPLE, 2051
метод извлечения выборки таблицы, 2051
многоугольник, 140, 242
мода
статистическая функция, 288
мониторинг
активность базы данных, 667
набор символов, 552, 560, 604
наклон линии регрессии, 287
нарезанный хлеб (см. TOAST)
наследование, 19, 70
настройка
сервера, 499
не число
double precision, 120
numeric (тип данных), 119
неблокирующее соединение, 744, 776
неповторяемое чтение, 403
неполное имя, 67
непрерывное архивирование, 622
на резервном сервере, 652
область данных (см. кластер баз данных)
обновление, 489
обработка замечаний
в libpq, 793
обработчик замечаний, 793
обратное распределение, 288
обслуживание, 611
общее табличное выражение (см. WITH)
объединение множеств, 107
объектно-ориентированная база данных, 6
обёртка сторонних данных
обработчик, 2033
ограничение, 49
NOT NULL, 51

внешний ключ, 53
добавление, 58
имя, 49
исключение, 55
первичный ключ, 52
проверка, 49
удаление, 58
уникальности, 51
ограничение NOT NULL, 50
ограничение уникальности, 51
ограничение-исключение, 55
ограничение-проверка, 49
оконная функция, 17
вызов, 37
порядок выполнения, 105
оконные функции
встроенные, 291
оператор, 179
вызов, 34
логический, 179
пользовательский, 1034
приоритеты, 30
разрешение типов при вызове, 342
синтаксис, 29
оператор упорядочивания, 1049
операции над множествами, 107
отказоустойчивость, 639
откладываемая транзакция
выбор по умолчанию, 549
установка, 1684
отличительный блок, 1003
отмена
SQL-команд, 781
отношение, 6
отработка отказа, 639
отрезок, 140
отрицание, 179
оценка числа строк
многовариантная, 2130
очистка, 611
параллельный запрос, 438
параметр
синтаксис, 33
параметр восстановления archive_cleanup_command, 663
параметр восстановления primary_conninfo, 665
параметр восстановления primary_slot_name, 666
параметр восстановления recovery_end_command, 664
параметр восстановления recovery_min_apply_delay, 666
параметр восстановления recovery_target, 664
параметр восстановления recovery_target_action, 665
параметр восстановления recovery_target_inclusive, 665
параметр восстановления recovery_target_lsn, 664
параметр восстановления recovery_target_name, 664
параметр восстановления recovery_target_time, 664
параметр восстановления recovery_target_timeline, 665
параметр восстановления recovery_target_xid, 664
параметр восстановления restore_command, 663
параметр восстановления standby_mode, 665
параметр восстановления trigger_file, 666
параметр конфигурации allow_system_table_mods, 561
параметр конфигурации application_name, 538
параметр конфигурации archive_command, 521
параметр конфигурации archive_mode, 521
параметр конфигурации archive_timeout, 521
параметр конфигурации array_nulls, 556
параметр конфигурации authentication_timeout, 506
параметр конфигурации auth_delay.milliseconds, 2287
параметр конфигурации autovacuum, 544
параметр конфигурации autovacuum_analyze_scale_factor, 545
параметр конфигурации autovacuum_analyze_threshold, 545
параметр конфигурации autovacuum_freeze_max_age, 546
параметр конфигурации autovacuum_max_workers, 545
параметр конфигурации autovacuum_multixact_freeze_max_age, 546
параметр конфигурации autovacuum_naptime, 545
параметр конфигурации autovacuum_vacuum_cost_delay, 546
параметр конфигурации autovacuum_vacuum_cost_limit, 546
параметр конфигурации autovacuum_vacuum_scale_factor, 545
параметр конфигурации autovacuum_vacuum_threshold, 545
параметр конфигурации autovacuum_work_mem, 510
параметр конфигурации auto_explain.log_analyze, 2287
параметр конфигурации auto_explain.log_buffers, 2288
параметр конфигурации auto_explain.log_format, 2288
параметр конфигурации auto_explain.log_min_duration, 2287
параметр конфигурации auto_explain.log_nested_statements, 2288
параметр конфигурации auto_explain.log_timing, 2288

параметр конфигурации auto_explain.log_triggers, 2288
параметр конфигурации auto_explain.log_verbose, 2288
параметр конфигурации auto_explain.sample_rate, 2288
параметр конфигурации backend_flush_after, 515
параметр конфигурации backslash_quote, 556
параметр конфигурации bgwriter_delay, 513
параметр конфигурации bgwriter_flush_after, 513
параметр конфигурации bgwriter_lru_maxpages, 513
параметр конфигурации bgwriter_lru_multiplier, 513
параметр конфигурации block_size, 559
параметр конфигурации bonjour, 505
параметр конфигурации bonjour_name, 505
параметр конфигурации bytea_output, 551
параметр конфигурации checkpoint_completion_target, 520
параметр конфигурации checkpoint_flush_after, 520
параметр конфигурации checkpoint_timeout, 520
параметр конфигурации checkpoint_warning, 520
параметр конфигурации check_function_bodies, 548
параметр конфигурации client_encoding, 552
параметр конфигурации client_min_messages, 546
параметр конфигурации cluster_name, 543
параметр конфигурации commit_delay, 519
параметр конфигурации commit_siblings, 520
параметр конфигурации config_file, 503
параметр конфигурации constraint_exclusion, 531
параметр конфигурации cpu_index_tuple_cost, 529
параметр конфигурации cpu_operator_cost, 529
параметр конфигурации cpu_tuple_cost, 529
параметр конфигурации current_logfiles и log_destination, 533
параметр конфигурации cursor_tuple_fraction, 532
параметр конфигурации data_checksums, 559
параметр конфигурации data_directory, 503
параметр конфигурации data_sync_retry, 559
параметр конфигурации DateStyle, 551
параметр конфигурации db_user_namespace, 508
параметр конфигурации deadlock_timeout, 555
параметр конфигурации debug_assertions, 559
параметр конфигурации debug_deadlocks, 563
параметр конфигурации debug_pretty_print, 538
параметр конфигурации debug_print_parse, 538
параметр конфигурации debug_print_plan, 538
параметр конфигурации debug_print_rewritten, 538
параметр конфигурации default_statistics_target, 531
параметр конфигурации default_tablespace, 548
параметр конфигурации default_text_search_config, 553
параметр конфигурации default_transaction_deferrable, 549
параметр конфигурации default_transaction_isolation, 548
параметр конфигурации default_transaction_read_only, 549
параметр конфигурации default_with_oids, 557
параметр конфигурации dynamic_library_path, 555
параметр конфигурации dynamic_shared_memory_type, 511
параметр конфигурации effective_cache_size, 530
параметр конфигурации effective_io_concurrency, 514
параметр конфигурации enable_bitmapscan, 527
параметр конфигурации enable_gathermerge, 527
параметр конфигурации enable_hashagg, 527
параметр конфигурации enable_hashjoin, 527
параметр конфигурации enable_indexonlyscan, 527
параметр конфигурации enable_indexscan, 527
параметр конфигурации enable_material, 527
параметр конфигурации enable_mergejoin, 528
параметр конфигурации enable_nestloop, 528
параметр конфигурации enable_seqscan, 528
параметр конфигурации enable_sort, 528
параметр конфигурации enable_tidscan, 528
параметр конфигурации escape_string_warning, 557
параметр конфигурации event_source, 536
параметр конфигурации exit_on_error, 558
параметр конфигурации external_pid_file, 503
параметр конфигурации extra_float_digits, 552
параметр конфигурации force_parallel_mode, 532
параметр конфигурации from_collapse_limit, 532
параметр конфигурации fsync, 516
параметр конфигурации full_page_writes, 518
параметр конфигурации geqo, 530
параметр конфигурации geqo_effort, 530
параметр конфигурации geqo_generations, 531
параметр конфигурации geqo_pool_size, 530
параметр конфигурации geqo_seed, 531
параметр конфигурации geqo_selection_bias, 531
параметр конфигурации geqo_threshold, 530
параметр конфигурации gin_fuzzy_search_limit, 555
параметр конфигурации gin_pending_list_limit, 551
параметр конфигурации hba_file, 503
параметр конфигурации hot_standby, 525
параметр конфигурации hot_standby_feedback, 526
параметр конфигурации huge_pages, 509
параметр конфигурации ident_file, 503

параметр конфигурации idle_in_transaction_session_timeout, 550
параметр конфигурации ignore_checksum_failure, 563
параметр конфигурации ignore_system_indexes, 561
параметр конфигурации integer_datetimes, 559
параметр конфигурации IntervalStyle, 551
параметр конфигурации join_collapse_limit, 532
параметр конфигурации krb_caseins_users, 508
параметр конфигурации krb_server_keyfile, 508
параметр конфигурации lc_collate, 559
параметр конфигурации lc_ctype, 560
параметр конфигурации lc_messages, 552
параметр конфигурации lc_monetary, 552
параметр конфигурации lc_numeric, 552
параметр конфигурации lc_time, 553
параметр конфигурации listen_addresses, 503
параметр конфигурации local_preload_libraries, 553
параметр конфигурации lock_timeout, 549
параметр конфигурации logging_collector, 533
параметр конфигурации log_autovacuum_min_duration, 545
параметр конфигурации log_btree_build_stats, 563
параметр конфигурации log_checkpoints, 538
параметр конфигурации log_connections, 538
параметр конфигурации log_destination, 533
параметр конфигурации log_directory, 534
параметр конфигурации log_disconnections, 538
параметр конфигурации log_duration, 539
параметр конфигурации log_error_verbosity, 539
параметр конфигурации log_executor_stats, 544
параметр конфигурации log_filename, 534
параметр конфигурации log_file_mode, 534
параметр конфигурации log_hostname, 539
параметр конфигурации log_line_prefix, 539
параметр конфигурации log_lock_waits, 541
параметр конфигурации log_min_duration_statement, 537
параметр конфигурации log_min_error_statement, 536
параметр конфигурации log_min_messages, 536
параметр конфигурации log_parser_stats, 544
параметр конфигурации log_planner_stats, 544
параметр конфигурации log_replication_commands, 541
параметр конфигурации log_rotation_age, 535
параметр конфигурации log_rotation_size, 535
параметр конфигурации log_statement, 541
параметр конфигурации log_statement_stats, 544
параметр конфигурации log_temp_files, 541
параметр конфигурации log_timezone, 542
параметр конфигурации log_truncate_on_rotation, 535
параметр конфигурации lo_compat_privileges, 557
параметр конфигурации maintenance_work_mem, 510
параметр конфигурации max_connections, 504
параметр конфигурации max_files_per_process, 511
параметр конфигурации max_function_args, 560
параметр конфигурации max_identifier_length, 560
параметр конфигурации max_index_keys, 560
параметр конфигурации max_locks_per_transaction, 555
параметр конфигурации max_logical_replication_workers, 526
параметр конфигурации max_parallel_workers, 515
параметр конфигурации max_parallel_workers_per_gather, 514
параметр конфигурации max_pred_locks_per_page, 556
параметр конфигурации max_pred_locks_per_relation, 556
параметр конфигурации max_pred_locks_per_transaction, 556
параметр конфигурации max_prepared_transactions, 509
параметр конфигурации max_replication_slots, 522
параметр конфигурации max_stack_depth, 511
параметр конфигурации max_standby_archive_delay, 525
параметр конфигурации max_standby_streaming_delay, 525
параметр конфигурации max_sync_workers_per_subscription, 527
параметр конфигурации max_wal_senders, 522
параметр конфигурации max_wal_size, 520
параметр конфигурации max_worker_processes, 514
параметр конфигурации min_parallel_index_scan_size, 530
параметр конфигурации min_parallel_table_scan_size, 529
параметр конфигурации min_wal_size, 521
параметр конфигурации old_snapshot_threshold, 515
параметр конфигурации operator_precedence_warning, 557
параметр конфигурации parallel_setup_cost, 529
параметр конфигурации parallel_tuple_cost, 529
параметр конфигурации password_encryption, 507
параметр конфигурации pg_trgm.similarity_threshold, 2393
параметр конфигурации pg_trgm.word_similarity_threshold, 2393
параметр конфигурации plperl.on_init, 1190
параметр конфигурации plperl.on_plperlu_init, 1191

параметр конфигурации plperl.on_plperl_init, 1191
параметр конфигурации plperl.on_plperl_init, 1191
параметр конфигурации plperl.use_strict, 1191
параметр конфигурации plpgsql.check_asserts, 1145
параметр конфигурации plpgsql.variable_conflict, 1154
параметр конфигурации pltcl.start_proc, 1177
параметр конфигурации pltclu.start_proc, 1177
параметр конфигурации port, 504
параметр конфигурации post_auth_delay, 561
параметр конфигурации pre_auth_delay, 561
параметр конфигурации quote_all_identifiers, 558
параметр конфигурации random_page_cost, 528
параметр конфигурации replacement_sort_tuples, 510
параметр конфигурации restart_after_crash, 559
параметр конфигурации row_security, 547
параметр конфигурации search_path, 68, 547
  использование в защищённых функциях, 1430
параметр конфигурации segment_size, 560
параметр конфигурации sepgsql.debug_audit, 2408
параметр конфигурации sepgsql.permissive, 2408
параметр конфигурации seq_page_cost, 528
параметр конфигурации server_encoding, 560
параметр конфигурации server_version, 560
параметр конфигурации server_version_num, 560
параметр конфигурации session_preload_libraries, 554
параметр конфигурации session_replication_role, 549
параметр конфигурации shared_buffers, 509
параметр конфигурации shared_preload_libraries, 554
параметр конфигурации ssl, 506
параметр конфигурации ssl_ca_file, 506
параметр конфигурации ssl_cert_file, 506
параметр конфигурации ssl_ciphers, 507
параметр конфигурации ssl_crl_file, 506
параметр конфигурации ssl_dh_params_file, 508
параметр конфигурации ssl_ecdh_curve, 507
параметр конфигурации ssl_key_file, 506
параметр конфигурации ssl_prefer_server_ciphers, 507
параметр конфигурации standard_conforming_strings, 558
параметр конфигурации statement_timeout, 549
параметр конфигурации stats_temp_directory, 544
параметр конфигурации superuser_reserved_connections, 504
параметр конфигурации synchronize_seqscans, 558
параметр конфигурации synchronous_commit, 517
параметр конфигурации synchronous_standby_names, 523
параметр конфигурации syslog_facility, 535
параметр конфигурации syslog_ident, 535
параметр конфигурации syslog_sequence_numbers, 536
параметр конфигурации syslog_split_messages, 536
параметр конфигурации tcp_keepalives_count, 506
параметр конфигурации tcp_keepalives_idle, 505
параметр конфигурации tcp_keepalives_interval, 505
параметр конфигурации temp_buffers, 509
параметр конфигурации temp_file_limit, 511
параметр конфигурации temp_tablespaces, 548
параметр конфигурации TimeZone, 552
параметр конфигурации timezone_abbreviations, 552
параметр конфигурации trace_locks, 562
параметр конфигурации trace_lock_oidmin, 562
параметр конфигурации trace_lock_table, 562
параметр конфигурации trace_lwlocks, 562
параметр конфигурации trace_notify, 561
параметр конфигурации trace_recovery_messages, 561
параметр конфигурации trace_sort, 562
параметр конфигурации trace_userlocks, 562
параметр конфигурации track_activities, 543
параметр конфигурации track_activity_query_size, 543
параметр конфигурации track_commit_timestamp, 523
параметр конфигурации track_counts, 544
параметр конфигурации track_functions, 544
параметр конфигурации track_io_timing, 544
параметр конфигурации transform_null_equals, 558
параметр конфигурации unix_socket_directories, 504
параметр конфигурации unix_socket_group, 504
параметр конфигурации unix_socket_permissions, 505
параметр конфигурации update_process_title, 543
параметр конфигурации vacuum_cost_delay, 512
параметр конфигурации vacuum_cost_limit, 512
параметр конфигурации vacuum_cost_page_dirty, 512
параметр конфигурации vacuum_cost_page_hit, 512
параметр конфигурации vacuum_cost_page_miss, 512
параметр конфигурации vacuum_defer_cleanup_age, 524
параметр конфигурации vacuum_freeze_min_age, 550
параметр конфигурации vacuum_freeze_table_age, 550

параметр конфигурации vacuum_multixact_freeze_min_age, 550
параметр конфигурации vacuum_multixact_freeze_table_age, 550
параметр конфигурации wal_block_size, 560
параметр конфигурации wal_buffers, 519
параметр конфигурации wal_compression, 519
параметр конфигурации wal_consistency_checking, 563
параметр конфигурации wal_debug, 563
параметр конфигурации wal_keep_segments, 522
параметр конфигурации wal_level, 516
параметр конфигурации wal_log_hints, 518
параметр конфигурации wal_receiver_status_interval, 525
параметр конфигурации wal_receiver_timeout, 526
параметр конфигурации wal_retrieve_retry_interval, 526
параметр конфигурации wal_segment_size, 560
параметр конфигурации wal_sender_timeout, 523
параметр конфигурации wal_sync_method, 518
параметр конфигурации wal_writer_delay, 519
параметр конфигурации wal_writer_flush_after, 519
параметр конфигурации work_mem, 510
параметр конфигурации xmlbinary, 551
параметр конфигурации xmloption, 551
параметр конфигурации zero_damaged_pages, 563
параметры хранения, 1490
пароль, 585
  суперпользователя, 475
первичный ключ, 52
перегрузка
  операторов, 1034
  функций, 999
переиндексация, 619
перекрёстное соединение, 93
переменная окружения, 800
пересечение линии регрессии, 286
пересечение множеств, 107
переходные таблицы, 1512
  (см. также эфемерное именованное отношение)
  реализация на языках программирования, 1241
план запроса, 418
подготовка запроса
  в PL/pgSQL, 1156
  в PL/Python, 1201
  в PL/Tcl, 1171
подготовленные операторы
  выполнение, 1591
  освобождение, 1535
  показ плана запроса, 1592
  создание, 1628
подзапрос, 11, 40, 97, 293
подмена сервера, 492
подтранзакции
  в PL/Tcl, 1176
поиск по шаблону, 203
поиск текста, 367
  функции и операторы, 144
поле
  вычисляемое, 168
полиморфная функция, 984
полиморфный тип, 984
политика, 60
полное имя, 67
полнотекстовый поиск, 367
  типы данных, 144
  функции и операторы, 144
получение параметров соединения через LDAP, 802
пользователь, 303, 584
  текущий, 303
пользователь postgres, 474
последовательное сканирование, 528
последовательность, 273
потоки
  с libpq, 807
права
  с правилами, 1101
  с представлениями, 1101
  проверка, 305
  для схем, 69
правила
  в сравнении с триггерами, 1103
  и представления, 1082
правила сортировки, 598
  в функциях SQL, 999
правило, 1080
  для DELETE, 1091
  для INSERT, 1091
  для SELECT, 1082
  для UPDATE, 1091
  и материализованные представления, 1088
правило сортировки
  на PL/pgSQL, 1116
право, 59
право подключения, 585
правое соединение, 94
предикатная блокировка, 407
предложение OVER, 37
представление, 14
  изменение, 1095
  материализованное, 1088
  реализация через правила, 1082
приведение
  преобразование ввода/вывода, 1400
приведение типа, 29, 38
применимая роль, 927
приёмник замечаний, 793
провайдер нестандартного сканирования
  обработчик, 2054

проверке подлинности
  тайм-аут при, 506
производительность, 418
протокол
  клиент-серверный, 1971
процедурный язык, 1106
  обработчик, 2030
  поддерживаемый отдельно, 2448
процентиль
  дискретный, 289
  непрерывный, 288
прямая, 139
прямоугольник, 140
псевдоним
  в предложении FROM, 96
  в списке выборки, 106
  таблицы в запросе, 11
путь
  для схем, 547
путь поиска, 67
  видимость объектов, 308
  текущий, 303
разделяемая библиотека, 458, 1010
разделяемая память, 479
разрешение (см. право)
расширение, 1051
  отдельно поддерживаемое, 2449
расширение SQL, 983
регламентное обслуживание, 611
регрессионный тест, 457
регулярное выражение, 205, 206
  (см. также поиск по шаблону)
регулярные выражения
  и локали, 597
режим движущегося агрегата, 1024
резервная копия, 320, 622
резервный сервер, 639
рекомендательная блокировка, 414
реляционная база данных, 6
репликация, 639
ролей
  право для создания, 585
роль, 584, 588
  доступная, 949
  право для запуска репликации, 585
  применимая, 927
  членство, 586
секционирование, 74
секционирование данных, 639
секционированная таблица, 74
семафоры, 479
семейство операторов, 362, 1046
сетевые адреса
  типы данных, 141
сигнал
  серверные процессы, 320
символьная строка
  конкатенация, 186
  типы данных, 123
синтаксис
  SQL, 23
синтаксис спецпоследовательностей, 25
синхронная фиксация данных, 721
системный каталог
  схема, 69
скаляр (см. выражение)
сканирование по битовой карте, 358, 527
сканирование по индексу, 527
сканирование только индекса, 363
скобки, 32
следящий сервер, 639
слот репликации
  логическая репликация, 1268
событийный триггер, 1071
  в PL/Tcl, 1175
  на C, 1076
соединение, 9, 93
  внешнее, 10, 93
  естественное, 94
  замкнутое, 11
  левое, 94
  перекрёстное, 93
  справа, 94
  управление порядком, 432
сообщение об ошибке, 758
сопоставление пользователей, 85
сортировка, 107
сортирующая агрегатная функция, 34
сортирующие агрегатные функции
  встроенные, 288
составной тип, 164, 983
  константа, 165
  конструктор, 42
  сравнение, 296
спецсимвол обратная косая черта, 25
список отношений, 1080
сравнение
  конструкторов строк, 296
  операторы, 179
  со строкой-результатом подзапроса, 293
  составных типов, 296
сравнение табличных строк, 296
среднее, 283
средства администрирования
  поддерживаемые отдельно, 2448
ссылка на столбец, 32
ссылочная целостность, 14, 53
стандартное отклонение, 287
  по выборке, 287
  по совокупности, 287
статистика, 286, 668
  планировщика, 429, 430, 613
столбец, 6, 47
  добавление, 57
  переименование, 59
  системный столбец, 56

удаление, 58
сторонние данные, 85
сторонняя таблица, 85
строка, 6, 47 (см. символьная строка)
строка символов
длина, 186
строки
апостроф с обратной косой, 556
предупреждение о спецсимволах, 557
соответствие стандарту, 558
суперпользователь, 4, 585
схема, 66, 590
public, 67
создание, 67
текущая, 68, 303
удаление, 67
таблица, 6, 47
изменение, 57
наследование, 70
переименование, 59
секционирование, 74
создание, 47
удаление, 48
таблицы перехода
обращение из триггера на C, 1065
табличная функция, 98
XMLTABLE, 257
табличное выражение, 92
табличное пространство, 593
временное, 548
по умолчанию, 548
тайм-аут
взаимоблокировка, 555
проверка подлинности клиента, 506
текстовая строка
константа, 25
текстовый поиск
индексы, 399
типы данных, 144
тест, 733
тип (см. тип данных)
полиморфный, 984
тип данных, 116
numeric, 118
базовый, 983
внутренняя организация, 1004
категория, 342
определённый пользователем, 1030
перечисление (enum), 137
преобразование, 341
приведение типа, 38
составной, 983
тип данных столбца
изменение, 59
тип табличной строки, 164
конструктор, 42
типы данных
константы, 29
типы перечислений, 137
точка, 139, 242
точка перезапуска, 724
точки монтирования файловых систем, 475
точки сохранения
определение, 1649
освобождение, 1639
откат, 1647
транзакция, 15
транзакция без записи
установка, 1684
транзакция в режиме «только чтение»
выбор по умолчанию, 549
трансляция журналов, 639
триггер
в PL/pgSQL, 1145
в PL/Python, 1199
для обновления столбца с производным значением tsvector, 382
на языке PL/Tcl, 1173
триггеры
в сравнении с правилами, 1103
тёплый резерв, 639
угроза стабильности, 437
удаление, 90
управляющий файл, 1052
уровень изоляции транзакции
выбор по умолчанию, 548
установка, 1684
уровень изоляции транзакций, 404
read committed, 404
repeatable read, 406
serializable, 407
условное выражение, 275
установка, 445
в Windows, 469
утверждения
в PL/pgSQL, 1145
файл паролей, 801
файл соединений служб, 802
фантомное чтение, 404
форматирование, 219
функции
пользовательские
на SQL, 985
разрешение типов при вызове, 346
функции, возвращающие множества
функции, 298
функциональная зависимость, 102
функция, 179
RETURNS TABLE, 997
в предложении FROM, 98
внутренняя, 1002
вызов, 34
выходной параметр, 990
значения аргументов по умолчанию, 992
именная передача, 45
именованный аргумент, 986

определяемая пользователем, 985
переменные параметры, 991
позиционная запись, 45
полиморфная, 984
пользовательская
на C, 1002
с SETOF, 993
смешанная запись, 45
функция instr, 1166
функция ввода, 1030
функция вывода, 1030
функция завершения работы библиотеки, 1003
функция инициализации библиотеки, 1003
функция с переменными параметрами, 991
хеш (см. индекс)
цикл
в PL/pgSQL, 1129
часовой пояс, 132, 552
ввод аббревиатур, 2145
преобразование, 235
числа с произвольной точностью, 118
число с плавающей точкой
отображение, 552
числовые
константы, 28
чувствительность к регистру
в командах SQL, 24
шаблоны
в psql и pg_dump, 1805
шифрование, 492
избранных столбцов, 2368
экранированные строки
в libpq, 773
экспорт в XML, 260
эфемерное именованное отношение
разрегистрация в SPI, 1240
регистрация в SPI, 1239, 1241


## A


abbrev, 244
ABORT, 1278
abs, 183
acos, 185
acosd, 185
adminpack, 2283
age, 227
AIX
настройка IPC, 481
установка в, 461
akeys, 2341
ALL, 293, 296
ALTER AGGREGATE, 1279
ALTER COLLATION, 1281
ALTER CONVERSION, 1283
ALTER DATABASE, 1284
ALTER DEFAULT PRIVILEGES, 1286
ALTER DOMAIN, 1289
ALTER EVENT TRIGGER, 1292
ALTER EXTENSION, 1293
ALTER FOREIGN DATA WRAPPER, 1296
ALTER FOREIGN TABLE, 1298
ALTER FUNCTION, 1303
ALTER GROUP, 1306
ALTER INDEX, 1307
ALTER LANGUAGE, 1309
ALTER LARGE OBJECT, 1310
ALTER MATERIALIZED VIEW, 1311
ALTER OPERATOR, 1313
ALTER OPERATOR CLASS, 1315
ALTER OPERATOR FAMILY, 1316
ALTER POLICY, 1320
ALTER PUBLICATION, 1321
ALTER ROLE, 585, 1323
ALTER RULE, 1326
ALTER SCHEMA, 1327
ALTER SEQUENCE, 1328
ALTER SERVER, 1331
ALTER STATISTICS, 1333
ALTER SUBSCRIPTION, 1334
ALTER SYSTEM, 1336
ALTER TABLE, 1338
ALTER TABLESPACE, 1352
ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION, 1353
ALTER TEXT SEARCH DICTIONARY, 1355
ALTER TEXT SEARCH PARSER, 1357
ALTER TEXT SEARCH TEMPLATE, 1358
ALTER TRIGGER, 1359
ALTER TYPE, 1360
ALTER USER, 1363
ALTER USER MAPPING, 1364
ALTER VIEW, 1365
amcheck, 2284
ANALYZE, 613, 1367
AND (оператор), 179
any, 177
ANY, 285, 293, 296
anyarray, 177
anyelement, 177
anyenum, 177
anynonarray, 177
anyrange, 177
area, 241
armor, 2372
ARRAY, 40
определение типа результата, 350
array_agg, 283, 2345
array_append, 279
array_cat, 279
array_dims, 279
array_fill, 279
array_length, 279
array_lower, 279
array_ndims, 279
array_position, 279
array_positions, 279
array_prepend, 279

array_remove, 279
array_replace, 279
array_to_json, 266
array_to_string, 279
array_to_tsvector, 246
array_upper, 279
ascii, 187
asin, 185
asind, 185
ASSERT
  в PL/pgSQL, 1145
AT TIME ZONE, 235
atan, 185
atan2, 185
atan2d, 185
atand, 185
auth_delay, 2286
auto-increment (см. serial)
autocommit
  psql, 1807
auto_explain, 2287
avals, 2341
avg, 283

## B

B-дерево (см. индекс)
BASE_BACKUP, 1990
BEGIN, 1370
BETWEEN, 180
BETWEEN SYMMETRIC, 181
BGWORKER_BACKEND_DATABASE_CONNECTION, 1263
BGWORKER_SHMEM_ACCESS, 1263
bigint, 28, 118
bigserial, 121
bison, 446
bit_and, 284
bit_length, 186
bit_or, 284
BLOB (см. большой объект)
bloom, 2289
bool_and, 284
bool_or, 284
box, 241
box (тип данных), 140
BRIN (см. индекс)
brin_desummarize_range, 333
brin_metapage_info, 2363
brin_page_items, 2363
brin_page_type, 2363
brin_revmap_data, 2363
brin_summarize_new_values, 332
brin_summarize_range, 333
broadcast, 244
btree_gin, 2292
btree_gist, 2293
btrim, 187, 201
bt_index_check, 2284
bt_index_parent_check, 2285
bt_metap, 2362
bt_page_items, 2362, 2363
bt_page_stats, 2362
bytea, 125

## C

C, 742, 830
C++, 1022
cardinality, 279
CASCADE
  с DROP, 86
  действие внешнего ключа, 54
CASE, 275
  определение типа результата, 350
cbrt, 183
ceil, 183
ceiling, 183
center, 241
Certificate, 581
char, 123
character, 123
character varying, 123
char_length, 186
CHECK OPTION, 1530
CHECKPOINT, 1372
chkpass, 2294
chr, 188
cid, 175
cidr, 142
citext, 2295
clock_timestamp, 227
CLOSE, 1373
CLUSTER, 1374
clusterdb, 1704
cmax, 56
cmin, 56
COALESCE, 277
COLLATE, 39
collation for, 309
col_description, 315
COMMENT, 1376
COMMIT, 1380
COMMIT PREPARED, 1381
concat, 188
concat_ws, 188
configure, 447
connectby, 2418, 2424
conninfo, 749
CONTINUE
  в PL/pgSQL, 1130
convert, 188
convert_from, 188
convert_to, 189
COPY, 8, 1382
  с libpq, 784
corr, 286
cos, 185

cosd, 185
cot, 185
cotd, 185
count, 284
covar_pop, 286
covar_samp, 286
CREATE ACCESS METHOD, 1392
CREATE AGGREGATE, 1393
CREATE CAST, 1400
CREATE COLLATION, 1404
CREATE CONVERSION, 1406
CREATE DATABASE, 590, 1408
CREATE DOMAIN, 1411
CREATE EVENT TRIGGER, 1414
CREATE EXTENSION, 1416
CREATE FOREIGN DATA WRAPPER, 1418
CREATE FOREIGN TABLE, 1420
CREATE FUNCTION, 1424
CREATE GROUP, 1432
CREATE INDEX, 1433
CREATE LANGUAGE, 1439
CREATE MATERIALIZED VIEW, 1442
CREATE OPERATOR, 1444
CREATE OPERATOR CLASS, 1447
CREATE OPERATOR FAMILY, 1450
CREATE POLICY, 1451
CREATE PUBLICATION, 1457
CREATE ROLE, 584, 1459
CREATE RULE, 1464
CREATE SCHEMA, 1467
CREATE SEQUENCE, 1469
CREATE SERVER, 1473
CREATE STATISTICS, 1475
CREATE SUBSCRIPTION, 1477
CREATE TABLE, 6, 1480
CREATE TABLE AS, 1499
CREATE TABLESPACE, 593, 1502
CREATE TEXT SEARCH CONFIGURATION, 1504
CREATE TEXT SEARCH DICTIONARY, 1505
CREATE TEXT SEARCH PARSER, 1507
CREATE TEXT SEARCH TEMPLATE, 1509
CREATE TRANSFORM, 1510
CREATE TRIGGER, 1512
CREATE TYPE, 1519
CREATE USER, 1528
CREATE USER MAPPING, 1529
CREATE VIEW, 1530
createdb, 3, 591, 1707
createuser, 584, 1710
CREATE_REPLICATION_SLOT, 1986
crosstab, 2418, 2420, 2421
crypt, 2369
cstring, 177
ctid, 56
CTID, 1087
CUBE, 103
cube (расширение), 2297
cume_dist, 291
  гипотезирующая функция, 290
current_catalog, 303
current_database, 303
current_date, 227
current_logfiles
  и функция pg_current_logfile, 304
current_query, 303
current_role, 303
current_schema, 303
current_schemas, 303
current_setting, 319
current_time, 227
current_timestamp, 227
current_user, 303
currval, 273
Cygwin
  установка в, 464

## D

date, 127, 128
date_part, 227, 231
date_trunc, 228, 235
dblink, 2302, 2308
dblink_build_sql_delete, 2329
dblink_build_sql_insert, 2327
dblink_build_sql_update, 2330
dblink_cancel_query, 2325
dblink_close, 2317
dblink_connect, 2303
dblink_connect_u, 2306
dblink_disconnect, 2307
dblink_error_message, 2319
dblink_exec, 2311
dblink_fetch, 2315
dblink_get_connections, 2318
dblink_get_notify, 2322
dblink_get_pkey, 2326
dblink_get_result, 2323
dblink_is_busy, 2321
dblink_open, 2313
dblink_send_query, 2320
DEALLOCATE, 1535
dearmor, 2372
decimal (см. numeric)
DECLARE, 1536
decode, 189, 202
decode_bytea
  в PL/Perl, 1185
decrypt, 2375
decrypt_iv, 2375
defined, 2342
degrees, 183
DELETE, 13, 90, 1540
  RETURNING, 90
delete, 2342
dense_rank, 291
  гипотезирующая функция, 290
diameter, 241

dict_int, 2331
dict_xsyn, 2331
difference, 2337
digest, 2368
DISCARD, 1543
DISTINCT, 9, 107
div, 183
dmetaphone, 2339
dmetaphone_alt, 2339
DO, 1544
double precision, 120
DROP ACCESS METHOD, 1545
DROP AGGREGATE, 1546
DROP CAST, 1548
DROP COLLATION, 1549
DROP CONVERSION, 1550
DROP DATABASE, 592, 1551
DROP DOMAIN, 1552
DROP EVENT TRIGGER, 1553
DROP EXTENSION, 1554
DROP FOREIGN DATA WRAPPER, 1555
DROP FOREIGN TABLE, 1556
DROP FUNCTION, 1557
DROP GROUP, 1559
DROP INDEX, 1560
DROP LANGUAGE, 1561
DROP MATERIALIZED VIEW, 1562
DROP OPERATOR, 1563
DROP OPERATOR CLASS, 1565
DROP OPERATOR FAMILY, 1567
DROP OWNED, 1568
DROP POLICY, 1569
DROP PUBLICATION, 1570
DROP ROLE, 584, 1571
DROP RULE, 1572
DROP SCHEMA, 1573
DROP SEQUENCE, 1574
DROP SERVER, 1575
DROP STATISTICS, 1576
DROP SUBSCRIPTION, 1577
DROP TABLE, 7, 1578
DROP TABLESPACE, 1579
DROP TEXT SEARCH CONFIGURATION, 1580
DROP TEXT SEARCH DICTIONARY, 1581
DROP TEXT SEARCH PARSER, 1582
DROP TEXT SEARCH TEMPLATE, 1583
DROP TRANSFORM, 1584
DROP TRIGGER, 1585
DROP TYPE, 1586
DROP USER, 1587
DROP USER MAPPING, 1588
DROP VIEW, 1589
dropdb, 593, 1714
dropuser, 584, 1716
DROP_REPLICATION_SLOT, 1990
DTD, 148
DTrace, 454, 705
dynamic_library_path, 1003

## E

each, 2342
earth, 2333
earthdistance, 2333
earth_box, 2334
earth_distance, 2334
ECPG, 830
ecpg, 1718
elog, 2016
  в PL/Perl, 1185
  в PL/Python, 1205
  в PL/Tcl, 1173
encode, 189, 202
encode_array_constructor
  в PL/Perl, 1186
encode_array_literal
  в PL/Perl, 1186
encode_bytea
  в PL/Perl, 1185
encode_typed_literal
  в PL/Perl, 1186
encrypt, 2375
encrypt_iv, 2375
END, 1590
enum_first, 238
enum_last, 238
enum_range, 238
ereport, 2016
event_trigger, 177
every, 284
EXCEPT, 107
EXECUTE, 1591
exist, 2342
EXISTS, 293
EXIT
  в PL/pgSQL, 1130
exp, 183
EXPLAIN, 418, 1592
extract, 228, 231

## F

false, 136
family, 244
fdw_handler, 177
FETCH, 1597
file_fdw, 2334
FILTER, 34
first_value, 292
flex, 446
float4 (см. real)
float8 (см. double precision)
floating point, 120
floor, 183
format, 189, 199
  использование в PL/pgSQL, 1122
format_type, 309
FreeBSD

настройка IPC, 481
разделяемая библиотека, 1011
скрипт запуска, 477
FSM (см. Карта свободного пространства)
fsm_page_contents, 2361
fuzzystrmatch, 2337

## G

gc_to_sec, 2333
generate_series, 299
generate_subscripts, 300
gen_random_bytes, 2376
gen_random_uuid, 2376
gen_salt, 2369
GEQO (см. генетическая оптимизация запросов)
get_bit, 202
get_byte, 202
get_current_ts_config, 246
get_raw_page, 2360
GIN (см. индекс)
gin_clean_pending_list, 333
gin_leafpage_items, 2364
gin_metapage_info, 2364
gin_page_opaque_info, 2364
GiST (см. индекс)
GRANT, 59, 1601
GREATEST, 277
определение типа результата, 350
GROUP BY, 12, 101
GROUPING, 290
GROUPING SETS, 103
GSSAPI, 575
GUID, 147

## H

hash_bitmap_info, 2365
hash_metapage_info, 2365
hash_page_items, 2365
hash_page_stats, 2365
hash_page_type, 2365
has_any_column_privilege, 306
has_column_privilege, 306
has_database_privilege, 306
has_foreign_data_wrapper_privilege, 306
has_function_privilege, 306
has_language_privilege, 306
has_schema_privilege, 306
has_sequence_privilege, 306
has_server_privilege, 306
has_tablespace_privilege, 306
has_table_privilege, 306
has_type_privilege, 306
HAVING, 12, 102
heap_page_items, 2361
heap_page_item_attrs, 2361
height, 241
hmac, 2368
host, 244
hostmask, 244
HP-UX
настройка IPC, 483
разделяемая библиотека, 1011
установка в, 465
hstore, 2339, 2341
hstore_to_array, 2341
hstore_to_json, 2341
hstore_to_jsonb, 2342
hstore_to_jsonb_loose, 2342
hstore_to_json_loose, 2342
hstore_to_matrix, 2341

## I

icount, 2346
ICU, 450, 600, 1404
ident, 577
IDENTIFY_SYSTEM, 1985
idx, 2347
IFNULL, 277
IMMUTABLE, 1000
IMPORT FOREIGN SCHEMA, 1608
IN, 293, 296
include_dir
в файле конфигурации, 502
include_if_exists
в файле конфигурации, 501
index_am_handler, 177
inet (тип данных), 141
inet_client_addr, 304
inet_client_port, 304
inet_merge, 245
inet_same_family, 244
inet_server_addr, 304
inet_server_port, 304
initcap, 189
initdb, 474, 1826
INSERT, 7, 88, 1610
RETURNING, 90
int2 (см. smallint)
int4 (см. integer)
int8 (см. bigint)
intagg, 2345
intarray, 2346
integer, 28, 118
internal, 177
INTERSECT, 107
interval, 127, 134
intset, 2347
int_array_aggregate, 2345
int_array_enum, 2345
IS DISTINCT FROM, 181, 296
IS DOCUMENT, 255
IS FALSE, 181
IS NOT DISTINCT FROM, 181, 296
IS NOT DOCUMENT, 255
IS NOT FALSE, 181
IS NOT NULL, 181

IS NOT TRUE, 181
IS NOT UNKNOWN, 181
IS NULL, 181, 558
IS TRUE, 181
IS UNKNOWN, 181
isclosed, 241
isempty, 282
isfinite, 228
isn, 2349
ISNULL, 181
isn_weak, 2351
isopen, 241
is_array_ref
  в PL/Perl, 1186
is_valid, 2351

## J

JSON, 149
  функции и операторы, 263
JSONB, 149
jsonb
  вхождение, 152
  индексы по, 153
  существование, 152
jsonb_agg, 284
jsonb_array_elements, 267
jsonb_array_elements_text, 267
jsonb_array_length, 267
jsonb_build_array, 266
jsonb_build_object, 266
jsonb_each, 267
jsonb_each_text, 267
jsonb_extract_path, 267
jsonb_extract_path_text, 267
jsonb_insert, 267
jsonb_object, 266
jsonb_object_agg, 284
jsonb_object_keys, 267
jsonb_populate_record, 267
jsonb_populate_recordset, 267
jsonb_pretty, 267
jsonb_set, 267
jsonb_strip_nulls, 267
jsonb_to_record, 267
jsonb_to_recordset, 267
jsonb_typeof, 267
json_agg, 284
json_array_elements, 267
json_array_elements_text, 267
json_array_length, 267
json_build_array, 266
json_build_object, 266
json_each, 267
json_each_text, 267
json_extract_path, 267
json_extract_path_text, 267
json_object, 266
json_object_agg, 284
json_object_keys, 267
json_populate_record, 267
json_populate_recordset, 267
json_strip_nulls, 267
json_to_record, 267
json_to_recordset, 267
json_typeof, 267
justify_days, 228
justify_hours, 228
justify_interval, 228

## L

lag, 292
language_handler, 177
lastval, 273
last_value, 292
LATERAL
  в предложении FROM, 99
latitude, 2334
lca, 2357
LDAP, 451, 578
ldconfig, 459
lead, 292
LEAST, 277
  определение типа результата, 350
left, 190
length, 190, 202, 241, 247
length(tsvector), 379
levenshtein, 2337
levenshtein_less_equal, 2337
lex, 446
libedit, 445
libperl, 446
libpq, 742
  однострочный режим, 780
libpq-fe.h, 742, 755
libpq-int.h, 755
libpython, 446
LIKE, 204
  и локали, 597
LIMIT, 108
Linux
  настройка IPC, 483
  разделяемая библиотека, 1011
  скрипт запуска, 477
LISTEN, 1617
ll_to_earth, 2333
ln, 183
lo, 2352
LOAD, 1619
localtime, 229
localtimestamp, 229
lock, 409
LOCK, 409, 1620
log, 183
longitude, 2334
looks_like_number
  в PL/Perl, 1186

lower, 186, 282
  и локали, 597
lower_inc, 282
lower_inf, 282
lo_close, 823
lo_creat, 820, 823
lo_create, 820
lo_export, 821, 823
lo_from_bytea, 823
lo_get, 823
lo_import, 820, 823
lo_import_with_oid, 820
lo_lseek, 822
lo_lseek64, 822
lo_open, 821
lo_put, 823
lo_read, 821
lo_tell, 822
lo_tell64, 822
lo_truncate, 822
lo_truncate64, 822
lo_unlink, 823, 823
lo_write, 821
lpad, 190
lseg, 140, 242
LSN, 725
ltree, 2353
ltree2text, 2357
ltrim, 190

## M

MAC-адрес (см. macaddr)
MAC-адрес (в формате EUI-64) (см. macaddr)
macaddr (тип данных), 142
macaddr8 (тип данных), 143
macaddr8_set7bit, 245
macOS
  настройка IPC, 483
  разделяемая библиотека, 1011
  установка в, 466
make, 445
make_date, 229
make_interval, 229
make_time, 229
make_timestamp, 229
make_timestamptz, 229
make_valid, 2351
MANPATH, 459
masklen, 244
max, 285
md5, 190, 202
MD5, 574
memory overcommit, 486
metaphone, 2338
min, 285
MinGW
  установка в, 466
mod, 183
MOVE, 1623
MultiXactId, 617
MVCC, 403

## N

NaN (см. не число)
NetBSD
  настройка IPC, 482
  разделяемая библиотека, 1011
  скрипт запуска, 477
netmask, 244
network, 244
nextval, 273
NFS (см. Сетевые файловые системы)
nlevel, 2357
normal_rand, 2418
NOT (оператор), 179
NOT IN, 293, 296
NOTIFY, 1625
  в libpq, 783
NOTNULL, 181
now, 229
npoints, 241
nth_value, 292
ntile, 291
NULL
  сравнение, 181
NULL-значение
  в DISTINCT, 107
  в PL/Perl, 1179
  в PL/Python, 1195
NULLIF, 277
numeric, 28
numeric (тип данных), 118
numnode, 247, 380
num_nonnulls, 182
num_nulls, 182
NVL, 277

## O

obj_description, 315
octet_length, 186, 201
OFFSET, 108
OID
  в libpq, 773
  столбец, 56
oid, 175
oid2name, 2438
ON CONFLICT, 1610
ONLY, 93
OOM, 486
opaque, 177
OpenBSD
  настройка IPC, 482
  разделяемая библиотека, 1012
  скрипт запуска, 477
OpenSSL, 451
  (см. также SSL)

OR (оператор), 179
Oracle
  портирование из PL/SQL в PL/pgSQL, 1159
ORDER BY, 9, 107
  и локали, 597
ordinality, 301
overcommit, 486
OVERLAPS, 230
overlay, 186, 201

## P

pageinspect, 2360
page_checksum, 2360
page_header, 2360
palloc, 1010
PAM, 451, 581
parse_ident, 190
password
  Аутентификация, 574
passwordcheck, 2366
path, 242
PATH, 459
path (тип данных), 140
pclose, 241
peer, 578
percent_rank, 291
  гипотезирующая функция, 290
perl, 446
Perl, 1178
pfree, 1010
PGAPPNAME, 801
pgbench, 1727
PGcancel, 781
PGCLIENTENCODING, 801
PGconn, 742
PGCONNECT_TIMEOUT, 801
pgcrypto, 2368
PGDATA, 474
PGDATABASE, 800
PGDATESTYLE, 801
PGEventProc, 796
PGGEQO, 801
PGGSSLIB, 801
PGHOST, 800
PGHOSTADDR, 800
PGKRBSRVNAME, 801
PGLOCALEDIR, 801
PGOPTIONS, 801
PGPASSFILE, 800
PGPASSWORD, 800
PGPORT, 800
pgp_armor_headers, 2373
pgp_key_id, 2372
pgp_pub_decrypt, 2372
pgp_pub_decrypt_bytea, 2372
pgp_pub_encrypt, 2372
pgp_pub_encrypt_bytea, 2372
pgp_sym_decrypt, 2371
pgp_sym_decrypt_bytea, 2371
pgp_sym_encrypt, 2371
pgp_sym_encrypt_bytea, 2371
PGREQUIREPEER, 801
PGREQUIRESSL, 801
PGresult, 764
pgrowlocks, 2380, 2380
PGSERVICE, 800
PGSERVICEFILE, 800
PGSSLCERT, 801
PGSSLCOMPRESSION, 801
PGSSLCRL, 801
PGSSLKEY, 801
PGSSLMODE, 801
PGSSLROOTCERT, 801
pgstatginindex, 2388
pgstathashindex, 2389
pgstatindex, 2387
pgstattuple, 2386, 2386
pgstattuple_approx, 2389
PGSYSCONFDIR, 801
PGTARGETSESSIONATTRS, 801
PGTZ, 801
PGUSER, 800
pgxs, 1059
pg_advisory_lock, 336
pg_advisory_lock_shared, 336
pg_advisory_unlock, 336
pg_advisory_unlock_all, 336
pg_advisory_unlock_shared, 336
pg_advisory_xact_lock, 336
pg_advisory_xact_lock_shared, 336
pg_aggregate, 1874
pg_am, 1876
pg_amop, 1877
pg_amproc, 1878
pg_archivecleanup, 1830
pg_attrdef, 1878
pg_attribute, 1879
pg_authid, 1882
pg_auth_members, 1883
pg_available_extensions, 1945
pg_available_extension_versions, 1946
pg_backend_pid, 303
pg_backup_start_time, 321
pg_basebackup, 1720
pg_blocking_pids, 304
pg_buffercache, 2366
pg_buffercache_pages, 2367
pg_cancel_backend, 320
pg_cast, 1884
pg_class, 1885
pg_client_encoding, 191
pg_collation, 1890
pg_collation_actual_version, 332
pg_collation_is_visible, 308
pg_column_size, 329
pg_config, 1740, 1946

  с ecpg, 883
  с libpq, 808
  для пользовательских функций на C, 1010
pg_conf_load_time, 304
pg_constraint, 1891
pg_controldata, 1832
pg_control_checkpoint, 317
pg_control_init, 317
pg_control_recovery, 317
pg_control_system, 317
pg_conversion, 1894
pg_conversion_is_visible, 308
pg_create_logical_replication_slot, 326
pg_create_physical_replication_slot, 326
pg_create_restore_point, 321
pg_ctl, 474, 476, 1833
pg_current_logfile, 304
pg_current_wal_flush_lsn, 321
pg_current_wal_insert_lsn, 321
pg_current_wal_lsn, 321
pg_cursors, 1946
pg_database, 592, 1894
pg_database_size, 330
pg_db_role_setting, 1896
pg_ddl_command, 177
pg_default_acl, 1897
pg_depend, 1898
pg_describe_object, 314
pg_description, 1899
pg_drop_replication_slot, 326
pg_dump, 1743
pg_dumpall, 1755
  использование при обновлении, 490
pg_enum, 1900
pg_event_trigger, 1900
pg_event_trigger_ddl_commands, 337
pg_event_trigger_dropped_objects, 338
pg_event_trigger_table_rewrite_oid, 339
pg_event_trigger_table_rewrite_reason, 339
pg_export_snapshot, 325
pg_extension, 1901
pg_extension_config_dump, 1055
pg_filenode_relation, 331
pg_file_rename, 2283
pg_file_settings, 1947
pg_file_unlink, 2283
pg_file_write, 2283
pg_foreign_data_wrapper, 1902
pg_foreign_server, 1903
pg_foreign_table, 1903
pg_freespace, 2378
pg_freespacemap, 2378
pg_function_is_visible, 308
pg_get_constraintdef, 309
pg_get_expr, 309
pg_get_functiondef, 309
pg_get_function_arguments, 309
pg_get_function_identity_arguments, 309
pg_get_function_result, 309
pg_get_indexdef, 309
pg_get_keywords, 309
pg_get_object_address, 314
pg_get_ruledef, 309
pg_get_serial_sequence, 309
pg_get_statisticsobjdef, 309
pg_get_triggerdef, 309
pg_get_userbyid, 309
pg_get_viewdef, 309
pg_group, 1948
pg_has_role, 306
pg_hba.conf, 565
pg_hba_file_rules, 1948
pg_ident.conf, 572
pg_identify_object, 314
pg_identify_object_as_address, 314
pg_import_system_collations, 332
pg_index, 1904
pg_indexam_has_property, 309
pg_indexes, 1949
pg_indexes_size, 330
pg_index_column_has_property, 309
pg_index_has_property, 309
pg_inherits, 1906
pg_init_privs, 1907
pg_isready, 1761
pg_is_in_backup, 321
pg_is_in_recovery, 323
pg_is_other_temp_schema, 304
pg_is_wal_replay_paused, 324
pg_language, 1907
pg_largeobject, 1909
pg_largeobject_metadata, 1909
pg_last_committed_xact, 317
pg_last_wal_receive_lsn, 323
pg_last_wal_replay_lsn, 323
pg_last_xact_replay_timestamp, 323
pg_listening_channels, 304
pg_locks, 1950
pg_logdir_ls, 2283
pg_logical_emit_message, 329
pg_logical_slot_get_binary_changes, 327
pg_logical_slot_get_changes, 327
pg_logical_slot_peek_binary_changes, 327
pg_logical_slot_peek_changes, 327
pg_lsn, 176
pg_ls_dir, 334
pg_ls_logdir, 334
pg_ls_waldir, 334
pg_matviews, 1953
pg_my_temp_schema, 304
pg_namespace, 1910
pg_notification_queue_usage, 304
pg_notify, 1626
pg_opclass, 1910
pg_opclass_is_visible, 308
pg_operator, 1911

pg_operator_is_visible, 308
pg_opfamily, 1912
pg_opfamily_is_visible, 308
pg_options_to_table, 309
pg_partitioned_table, 1912
pg_pltemplate, 1914
pg_policies, 1954
pg_policy, 1914
pg_postmaster_start_time, 304
pg_prepared_statements, 1955
pg_prepared_xacts, 1955
pg_prewarm, 2379
pg_proc, 1915
pg_publication, 1920
pg_publication_rel, 1921
pg_publication_tables, 1956
pg_range, 1921
pg_read_binary_file, 334
pg_read_file, 334
pg_receivewal, 1763
pg_recvlogical, 1767
pg_relation_filenode, 331
pg_relation_filepath, 331
pg_relation_size, 330
pg_reload_conf, 320
pg_relpages, 2389
pg_replication_origin, 1922
pg_replication_origin_advance, 328
pg_replication_origin_create, 327
pg_replication_origin_drop, 327
pg_replication_origin_oid, 328
pg_replication_origin_progress, 329
pg_replication_origin_session_is_setup, 328
pg_replication_origin_session_progress, 328
pg_replication_origin_session_reset, 328
pg_replication_origin_session_setup, 328
pg_replication_origin_status, 1956
pg_replication_origin_xact_reset, 328
pg_replication_origin_xact_setup, 328
pg_replication_slots, 1957
pg_resetwal, 1838
pg_restore, 1771
pg_rewind, 1841
pg_rewrite, 1922
pg_roles, 1958
pg_rotate_logfile, 320
pg_rules, 1960
pg_safe_snapshot_blocking_pids, 304
pg_seclabel, 1923
pg_seclabels, 1960
pg_sequence, 1923
pg_sequences, 1961
pg_service.conf, 802
pg_settings, 1962
pg_shadow, 1964
pg_shdepend, 1924
pg_shdescription, 1925
pg_shseclabel, 1926
pg_size_bytes, 330
pg_size_pretty, 330
pg_sleep, 237
pg_sleep_for, 237
pg_sleep_until, 237
pg_standby, 2444
pg_start_backup, 321
pg_statio_all_indexes, 671
pg_statio_all_sequences, 671
pg_statio_all_tables, 671
pg_statio_sys_indexes, 671
pg_statio_sys_sequences, 671
pg_statio_sys_tables, 671
pg_statio_user_indexes, 671
pg_statio_user_sequences, 672
pg_statio_user_tables, 671
pg_statistic, 429, 1926
pg_statistics_obj_is_visible, 308
pg_statistic_ext, 430, 1928
pg_stats, 429, 1965
pg_stat_activity, 669
pg_stat_all_indexes, 671
pg_stat_all_tables, 670
pg_stat_archiver, 670
pg_stat_bgwriter, 670
pg_stat_clear_snapshot, 701
pg_stat_database, 670
pg_stat_database_conflicts, 670
pg_stat_file, 334
pg_stat_get_activity, 701
pg_stat_get_snapshot_timestamp, 701
pg_stat_progress_vacuum, 670
pg_stat_replication, 670
pg_stat_reset, 701
pg_stat_reset_shared, 701
pg_stat_reset_single_function_counters, 701
pg_stat_reset_single_table_counters, 701
pg_stat_ssl, 670
pg_stat_statements, 2381
  функция, 2384
pg_stat_statements_reset, 2384
pg_stat_subscription, 670
pg_stat_sys_indexes, 671
pg_stat_sys_tables, 670
pg_stat_user_functions, 672
pg_stat_user_indexes, 671
pg_stat_user_tables, 670
pg_stat_wal_receiver, 670
pg_stat_xact_all_tables, 670
pg_stat_xact_sys_tables, 671
pg_stat_xact_user_functions, 672
pg_stat_xact_user_tables, 671
pg_stop_backup, 321
pg_subscription, 1929
pg_subscription_rel, 1930
pg_switch_wal, 321
pg_tables, 1967
pg_tablespace, 1930

pg_tablespace_databases, 309
pg_tablespace_location, 309
pg_tablespace_size, 330
pg_table_is_visible, 308
pg_table_size, 330
pg_temp, 547
  защищённые функции, 1430
pg_terminate_backend, 320
pg_test_fsync, 1844
pg_test_timing, 1845
pg_timezone_abbrevs, 1968
pg_timezone_names, 1968
pg_total_relation_size, 330
pg_transform, 1931
pg_trgm, 2391
pg_trigger, 1932
pg_try_advisory_lock, 336
pg_try_advisory_lock_shared, 336
pg_try_advisory_xact_lock, 337
pg_try_advisory_xact_lock_shared, 337
pg_ts_config, 1934
pg_ts_config_is_visible, 308
pg_ts_config_map, 1934
pg_ts_dict, 1935
pg_ts_dict_is_visible, 308
pg_ts_parser, 1935
pg_ts_parser_is_visible, 308
pg_ts_template, 1936
pg_ts_template_is_visible, 308
pg_type, 1936
pg_typeof, 309
pg_type_is_visible, 308
pg_upgrade, 1849
pg_user, 1969
pg_user_mapping, 1944
pg_user_mappings, 1969
pg_views, 1970
pg_visibility, 2395
pg_waldump, 1856
pg_walfile_name, 321
pg_walfile_name_offset, 321
pg_wal_lsn_diff, 321
pg_wal_replay_pause, 324
pg_wal_replay_resume, 324
pg_xact_commit_timestamp, 317
phraseto_tsquery, 247, 375
pi, 183
PIC, 1011
PID
  определение PID серверного процесса
    в libpq, 759
PITR, 622
PITR резерв, 639
pkg-config, 450
  с ecpg, 883
  с libpq, 808
PL/Perl, 1178
PL/PerlU, 1187
PL/pgSQL, 1109
PL/Python, 1192
PL/SQL (Oracle)
  портирование в PL/pgSQL, 1159
PL/Tcl, 1168
plainto_tsquery, 247, 375
popen, 241
populate_record, 2343
port, 751
position, 186, 201
POSTGRES, xxii
postgres, 2, 476, 591, 1858
Postgres95, xxii
postgresql.auto.conf, 500
postgresql.conf, 499
postgres_fdw, 2396
postmaster, 1865
power, 183
PQbackendPID, 759
PQbinaryTuples, 771
  с COPY, 785
PQcancel, 782
PQclear, 768
PQclientEncoding, 788
PQcmdStatus, 772
PQcmdTuples, 773
PQconndefaults, 746
PQconnectdb, 743
PQconnectdbParams, 743
PQconnectionNeedsPassword, 759
PQconnectionUsedPassword, 759
PQconnectPoll, 744
PQconnectStart, 744
PQconnectStartParams, 744
PQconninfo, 747
PQconninfoFree, 790
PQconninfoParse, 747
PQconsumeInput, 779
PQcopyResult, 792
PQdb, 755
PQdescribePortal, 764
PQdescribePrepared, 764
PQencryptPassword, 791
PQencryptPasswordConn, 790
PQendcopy, 788
PQerrorMessage, 758
PQescapeBytea, 776
PQescapeByteaConn, 775
PQescapeIdentifier, 774
PQescapeLiteral, 773
PQescapeString, 775
PQescapeStringConn, 774
PQexec, 761
PQexecParams, 761
PQexecPrepared, 763
PQfformat, 770
  с COPY, 785
PQfinish, 747

PQfireResultCreateEvents, 791
PQflush, 780
PQfmod, 770
PQfn, 782
PQfname, 769
PQfnumber, 769
PQfreeCancel, 782
PQfreemem, 790
PQfsize, 770
PQftable, 769
PQftablecol, 770
PQftype, 770
PQgetCancel, 781
PQgetCopyData, 786
PQgetisnull, 771
PQgetlength, 771
PQgetline, 787
PQgetlineAsync, 787
PQgetResult, 778
PQgetssl, 760
PQgetvalue, 771
PQhost, 756
PQinitOpenSSL, 807
PQinitSSL, 807
PQinstanceData, 797
PQisBusy, 779
PQisnonblocking, 780
PQisthreadsafe, 807
PQlibVersion, 792
  (см. также PQserverVersion)
PQmakeEmptyPGresult, 791
PQnfields, 769
  с COPY, 785
PQnotifies, 783
PQnparams, 772
PQntuples, 769
PQoidStatus, 773
PQoidValue, 773
PQoptions, 756
PQparameterStatus, 757
PQparamtype, 772
PQpass, 756
PQping, 749
PQpingParams, 748
PQport, 756
PQprepare, 763
PQprint, 772
PQprotocolVersion, 758
PQputCopyData, 785
PQputCopyEnd, 785
PQputline, 787
PQputnbytes, 788
PQregisterEventProc, 797
PQrequestCancel, 782
PQreset, 748
PQresetPoll, 748
PQresetStart, 748
PQresStatus, 765
PQresultAlloc, 792
PQresultErrorField, 766
PQresultErrorMessage, 765
PQresultInstanceData, 797
PQresultSetInstanceData, 797
PQresultStatus, 764
PQresultVerboseErrorMessage, 766
PQsendDescribePortal, 778
PQsendDescribePrepared, 778
PQsendPrepare, 777
PQsendQuery, 777
PQsendQueryParams, 777
PQsendQueryPrepared, 778
PQserverVersion, 758
PQsetClientEncoding, 789
PQsetdb, 744
PQsetdbLogin, 744
PQsetErrorContextVisibility, 789
PQsetErrorVerbosity, 789
PQsetInstanceData, 797
PQsetnonblocking, 780
PQsetNoticeProcessor, 793
PQsetNoticeReceiver, 793
PQsetResultAttrs, 792
PQsetSingleRowMode, 781
PQsetvalue, 792
PQsocket, 758
PQsslAttribute, 759
PQsslAttributeNames, 760
PQsslInUse, 759
PQsslStruct, 760
PQstatus, 757
PQtrace, 790
PQtransactionStatus, 757
PQtty, 756
PQunescapeBytea, 776
PQuntrace, 790
PQuser, 755
PREPARE, 1628
PREPARE TRANSACTION, 1631
ps
  мониторинг активности, 667
psql, 4, 1780
Python, 1192

## Q

querytree, 247, 380
quote_ident, 191
  в PL/Perl, 1185
  использование в PL/pgSQL, 1122
quote_literal, 191
  в PL/Perl, 1185
  использование в PL/pgSQL, 1122
quote_nullable, 192
  в PL/Perl, 1185
  использование в PL/pgSQL, 1122

## R

radians, 184
radius, 241
RADIUS, 580
RAISE
  в PL/pgSQL, 1143
random, 185
rank, 291
  гипотезирующая функция, 289
read committed, 404
readline, 445
real, 120
REASSIGN OWNED, 1633
record, 177
recovery.conf, 663
REFRESH MATERIALIZED VIEW, 1634
regclass, 175
regconfig, 175
regdictionary, 175
regexp_match, 193, 206
regexp_matches, 193, 206
regexp_replace, 193, 206
regexp_split_to_array, 193, 206
regexp_split_to_table, 193, 206
regoper, 175
regoperator, 175
regproc, 175
regprocedure, 175
regr_avgx, 286
regr_avgy, 286
regr_count, 286
regr_intercept, 286
regr_r2, 287
regr_slope, 287
regr_sxx, 287
regr_sxy, 287
regr_syy, 287
regtype, 175
REINDEX, 1636
reindexdb, 1818
RELEASE SAVEPOINT, 1639
repeat, 193
repeatable read, 406
replace, 194
RESET, 1640
RESTRICT
  с DROP, 86
  действие внешнего ключа, 54
RETURN NEXT
  в PL/pgSQL, 1125
RETURN QUERY
  в PL/pgSQL, 1125
RETURNING, 90
RETURNING INTO
  в PL/pgSQL, 1119
reverse, 194
REVOKE, 59, 1641
right, 194
ROLLBACK, 1645
rollback
  psql, 1809
ROLLBACK PREPARED, 1646
ROLLBACK TO SAVEPOINT, 1647
ROLLUP, 103
round, 184
ROW, 42
row_number, 291
row_security_active, 306
row_to_json, 266
rpad, 194
rtrim, 194

## S

SAVEPOINT, 1649
scale, 184
SCRAM, 574
SECURITY LABEL, 1651
sec_to_gc, 2333
seg, 2402
SELECT, 8, 92, 1653
  определение типа результата, 352
  список выборки, 105
SELECT INTO, 1673
  в PL/pgSQL, 1119
sepgsql, 2405
sequence
  и тип serial, 121
serial, 121
serial2, 121
serial4, 121
serial8, 121
serializable, 407
session_user, 303
SET, 319, 1675
SET CONSTRAINTS, 1678
SET ROLE, 1680
SET SESSION AUTHORIZATION, 1682
SET TRANSACTION, 1684
SET XML OPTION, 551
setseed, 185
setval, 273
setweight, 247, 379
  назначение веса определённым лексемам, 247
set_bit, 202
set_byte, 202
set_config, 319
set_limit, 2392
set_masklen, 244
shared_preload_libraries, 1021
shobj_description, 315
SHOW, 319, 1687, 1986
show_limit, 2391
show_trgm, 2391
SIGHUP, 500, 570, 573
SIGINT, 488

sign, 184
SIGQUIT, 489
SIGTERM, 488
SIMILAR TO, 205
similarity, 2391
sin, 185
sind, 185
single-user mode, 1861
skeys, 2341
sleep, 237
slice, 2342
smallint, 118
smallserial, 121
Solaris
  настройка IPC, 484
  разделяемая библиотека, 1012
  скрипт запуска, 477
  установка в, 467
SOME, 285, 293, 296
sort, 2347
sort_asc, 2347
sort_desc, 2347
soundex, 2337
SP-GiST (см. индекс)
SPI, 1208
  примеры, 2413
SPI_connect, 1209
SPI_copytuple, 1253
spi_cursor_close
  в PL/Perl, 1183
SPI_cursor_close, 1236
SPI_cursor_fetch, 1232
SPI_cursor_find, 1231
SPI_cursor_move, 1233
SPI_cursor_open, 1227
SPI_cursor_open_with_args, 1228
SPI_cursor_open_with_paramlist, 1230
SPI_exec, 1214
SPI_execp, 1226
SPI_execute, 1211
SPI_execute_plan, 1224
SPI_execute_plan_with_paramlist, 1225
SPI_execute_with_args, 1215
spi_exec_prepared
  в PL/Perl, 1183
spi_exec_query
  в PL/Perl, 1182
spi_fetchrow
  в PL/Perl, 1183
SPI_finish, 1210
SPI_fname, 1242
SPI_fnumber, 1243
spi_freeplan
  в PL/Perl, 1183
SPI_freeplan, 1259
SPI_freetuple, 1257
SPI_freetuptable, 1258
SPI_getargcount, 1221
SPI_getargtypeid, 1222
SPI_getbinval, 1245
SPI_getnspname, 1249
SPI_getrelname, 1248
SPI_gettype, 1246
SPI_gettypeid, 1247
SPI_getvalue, 1244
SPI_is_cursor_plan, 1223
SPI_keepplan, 1237
spi_lastoid
  в PL/Tcl, 1172
SPI_modifytuple, 1255
SPI_palloc, 1250
SPI_pfree, 1252
spi_prepare
  в PL/Perl, 1183
SPI_prepare, 1217
SPI_prepare_cursor, 1219
SPI_prepare_params, 1220
spi_query
  в PL/Perl, 1183
spi_query_prepared
  в PL/Perl, 1183
SPI_register_relation, 1239
SPI_register_trigger_data, 1241
SPI_repalloc, 1251
SPI_returntuple, 1254
SPI_saveplan, 1238
SPI_scroll_cursor_fetch, 1234
SPI_scroll_cursor_move, 1235
SPI_unregister_relation, 1240
split_part, 194
SQL/CLI, 2179
SQL/Foundation, 2179
SQL/Framework, 2179
SQL/JRT, 2179
SQL/MED, 2179
SQL/OLB, 2179
SQL/PSM, 2179
SQL/Schemata, 2179
SQL/XML, 2179
  ограничения и совместимость, 2211
sqrt, 184
ssh, 496
SSI, 403
SSL, 493, 803
  в libpq, 760
  с libpq, 754
sslinfo, 2415
ssl_cipher, 2416
ssl_client_cert_present, 2416
ssl_client_dn, 2416
ssl_client_dn_field, 2416
ssl_client_serial, 2416
ssl_extension_info, 2417
ssl_issuer_dn, 2416
ssl_issuer_field, 2417
ssl_is_used, 2415

ssl_version, 2415
SSPI, 576
STABLE, 1000
START TRANSACTION, 1689
START_REPLICATION, 1987
statement_timestamp, 230
stddev, 287
stddev_pop, 287
stddev_samp, 287
STONITH, 639
string_agg, 285
string_to_array, 279
strip, 247, 379
strpos, 194
subarray, 2347
subltree, 2356
subpath, 2356
substr, 194
substring, 186, 201, 205, 206
sum, 285
suppress_redundant_updates_trigger, 337
svals, 2341
systemd, 451, 477
  RemoveIPC, 484

## T

tablefunc, 2417
tableoid, 56
tan, 185
tand, 185
Tcl, 1168
tcn, 2426
template0, 591
template1, 591, 591
test_decoding, 2427
text, 123, 244
text2ltree, 2357
tid, 175
time, 127, 129
time span, 127
time with time zone, 127, 129
time without time zone, 127, 129
TIMELINE_HISTORY, 1986
timeofday, 230
timestamp, 127, 130
timestamp with time zone, 127, 130
timestamp without time zone, 127, 130
timestamptz, 127
TOAST, 2114
  в сравнении с большими объектами, 819
  и пользовательские типы, 1032
  режимы хранения столбцов, 1341
to_ascii, 195
to_char, 219
  и локали, 598
to_date, 219
to_hex, 195
to_json, 266
to_jsonb, 266
to_number, 219
to_regclass, 309
to_regnamespace, 309
to_regoper, 309
to_regoperator, 309
to_regproc, 309
to_regprocedure, 309
to_regrole, 309
to_regtype, 309
to_timestamp, 219, 230
to_tsquery, 247, 374
to_tsvector, 247, 373
transaction_timestamp, 230
translate, 195
trigger, 177, 1062
triggered_change_notification, 2426
trim, 187, 201
true, 136
trunc, 184, 245, 245
TRUNCATE, 1690
tsm_handler, 177
tsm_system_rows, 2427
tsm_system_time, 2428
tsquery (тип данных), 145
tsquery_phrase, 248, 380
tsvector (тип данных), 144
tsvector_to_array, 249
tsvector_update_trigger, 249
tsvector_update_trigger_column, 249
ts_debug, 249, 395
ts_delete, 248
ts_filter, 248
ts_headline, 248, 377
ts_lexize, 250, 398
ts_parse, 250, 397
ts_rank, 248, 376
ts_rank_cd, 248, 376
ts_rewrite, 248, 380
ts_stat, 250, 383
ts_token_type, 250, 397
tuple_data_split, 2361
txid_current, 315
txid_current_if_assigned, 315
txid_current_snapshot, 315
txid_snapshot_xip, 315
txid_snapshot_xmax, 315
txid_snapshot_xmin, 315
txid_status, 315
txid_visible_in_snapshot, 315

## U

UESCAPE, 24, 27
unaccent, 2429, 2430
UNION, 107
  определение типа результата, 350
uniq, 2347
Unix-сокет, 750

unknown, 177
UNLISTEN, 1692
unnest, 279
  для tsvector, 249
UPDATE, 13, 89, 1693
  RETURNING, 90
upper, 187, 282
  и локали, 597
upper_inc, 282
upper_inf, 282
UPSERT, 1610
URI, 749
UUID, 147, 451
uuid-ossp, 2430
uuid_generate_v1, 2431
uuid_generate_v1mc, 2431
uuid_generate_v3, 2431

## V

VACUUM, 1697
vacuumdb, 1821
vacuumlo, 2442
VALUES, 109, 1700
  определение типа результата, 350
varchar, 123
var_pop, 287
var_samp, 288
VM (см. Карта видимости)
void, 177
VOLATILE, 1000
VPATH, 447, 1061

## W

WAL, 718
WHERE, 100
WHILE
  в PL/pgSQL, 1131
width, 241
width_bucket, 184
WITH
  внутри SELECT, 110, 1653
WITH CHECK OPTION, 1530
WITHIN GROUP, 34
word_similarity, 2391

## X

xid, 175
xmax, 56
xmin, 56
XML, 147
XML option, 148, 551
XML-функции, 251
xml2, 2432
xmlagg, 254, 285
xmlcomment, 251
xmlconcat, 251
xmlelement, 252
XMLEXISTS, 255
xmlforest, 253
xmlparse, 147
xmlpi, 253
xmlroot, 254
xmlserialize, 148
xmltable, 257
xml_is_well_formed, 255
xml_is_well_formed_content, 255
xml_is_well_formed_document, 255
XPath, 256
xpath_exists, 257
xpath_table, 2433
xslt_process, 2436

## Y

yacc, 446

## Z

zlib, 445, 454