5-MAY-26

DBA1-18: Администрирование PostgreSQL 18

Практические задания

tantor

Автор: Олег Иванов

Оглавление

глава	страница
Глава 1. Установка Tantor Postgres	3
Глава 2a. Архитектура	32
Глава 2b. Многоверсионность	37
Глава 2c. Регламентные работы	44
Глава 2d. Выполнение запросов	51
Глава 2e. Расширения	55
Глава 3. Конфигурирование	61
Глава 4a. Логическая структура кластера	79
Глава 4b. Физическая структура кластера	90
Глава 5. Журналирование	118
Глава 6. Безопасность	121
Глава 7a. Физическое резервирование	129
Глава 7b. Логическое резервирование	145
Глава 8a. Физическая репликация	154
Глава 8b. Логическая репликация	185
Глава 10. Возможности Tantor Postgres	202
Расширение orafce	202
Расширение pg variables	205
Расширение page repair	209
Отладка подпрограмм	218
Обработка строк StringBuffer	229
Поиск осиротевших файлов	233
Резервирование и восстановление WAL-G	237

Авторские права

Учебное пособие, практические задания, презентации (далее документы) предназначены для учебных целей.

Документы защищены авторским правом и законодательством об интеллектуальной собственности.

Вы можете копировать и распечатывать документы для личного использования в целях самообучения, а также при обучении в авторизованных ООО "Тантор Лабс" учебных центрах и образовательных учреждениях. Авторизованные ООО "Тантор Лабс" учебные центры и образовательные учреждения могут создавать учебные курсы на основе документов и использовать документы в учебных программах с письменного разрешения ООО "Тантор Лабс".

Вы не имеете права использовать документы для платного обучения сотрудников или других лиц без разрешения ООО "Тантор Лабс". Вы не имеете права лицензировать, коммерчески использовать документы полностью или частично без разрешения ООО "Тантор Лабс".

При некоммерческом использовании (презентации, доклады, статьи, книги) информации из документов (текст, изображения, команды) сохраняйте ссылку на документы.

Текст документов не может быть изменен каким-либо образом.

Информация, содержащаяся в документах, может быть изменена без предварительного уведомления и мы не гарантируем ее безошибочность. Если вы обнаружите ошибки, нарушение авторских прав, пожалуйста, сообщите нам об этом.

Отказ от ответственности за содержание документа, продукты и услуги третьих лиц:

ООО "Тантор Лабс" и связанные лица не несут ответственности и прямо отказываются от любых гарантий любого рода, включая потерю дохода, нанесенные прямым или непрямым, специальным или случайным использованием документа. ООО "Тантор Лабс" и связанные лица не несут ответственности за любые убытки, издержки или ущерб, возникшие в результате использования информации, содержащейся в документе или использования сторонних ссылок, продуктов или услуг.

Авторское право © 2026, ООО "Тантор Лабс"

Автор: Олег Иванов

Создан: **5 мая 2026г.**

По вопросам обучения обращайтесь: **edu@tantorlabs.ru**

Глава 1. Установка Tantor Postgres

Часть 1. Создание кластера

1) Откройте терминал с правами root:

```
astra@tantor:~$ sudo bash
```

2) Посмотрите сколько ядер процессора доступно в виртуальной машине (результат может отличаться от приведенных как пример значений):

```
root@tantor:/home/astra# cat /proc/cpuinfo | grep cores
cpu cores   : 2
cpu cores   : 2
```

Число строк по числу процессоров. Если выполнить команду без "`| grep cores`" будет видно, что выдаются детальные данные по каждому ядру процессора.

Сколько оперативной памяти имеется:

```
root@tantor:/home/astra# cat /proc/meminfo | grep Mem
MemTotal:        2981796 kB
MemFree:         1403776 kB
MemAvailable:    2250896 kB
```

3) Программное обеспечение Tantor Postgres установлено в директорию `/opt/tantor/db`

Директория с файлами кластера: `/var/lib/postgresql`

Эти директории могут иметь отдельные точки монтирования, но в нашей операционной системе эти директории смонтированы в корне "`/`". Проверьте, сколько осталось свободного места:

```
root@tantor:/home/astra# df -HT | grep /$
/dev/sda1      ext4   50G   17G   31G  35% /
```

Свободны 31 Гб.

При промышленной эксплуатации рекомендуется иметь 4 ядра.

Оперативной памяти: по крайней мере 4 Гб.

Свободного места на системе хранения ("диске"): 40 Гб.

4) Скачайте инсталлятор:

```
root@tantor:/home/astra# wget public.tantorlabs.ru/db_installer.sh
https://public.tantorlabs.ru/db_installer.sh
Resolving public.tantorlabs.ru (public.tantorlabs.ru)... 84.201.157.208
Connecting to public.tantorlabs.ru
(public.tantorlabs.ru)|84.201.157.208|:443... connected.
HTTP request sent, awaiting response... 200 OK
Length: 18312 (18K) [application/octet-stream]
Saving to: 'db_installer.sh'
db_installer.sh  100%[===================>]  17,88K  --.-KB/s in 0s
 'db_installer.sh' saved [23047/23047]
```

5) Посмотрите разрешения на исполнение скрипта инсталляции:

```
root@tantor:/home/astra# ls -al db_installer.sh
-rw-r--r-- 1 root root 18353 db_installer.sh
```

6) Если разрешений на исполнение файла нет, то дайте права на исполнение:

```
root@tantor:/home/astra# chmod +x db_installer.sh
```

7) Проверьте версию инсталлятора и ознакомьтесь с параметрами:

```
root@tantor:/home/astra# ./db_installer.sh --help
====================
Usage: db_installer.sh [OPTIONS]
Installer version: 25.07.14
This script will perform installation of the Tantor DB on current host.
If the Tantor DB is already installed, no actions will be taken.
Available options:
  --help                  Show this help message.

---------------------------------------
  --edition=              Set edition (be, se, se-1c, certified, certified-2).
                          "se" is default.
  --major-version=        Set major version (14, 15, 16, 17)
  --maintenance-version= Set maintenance version (15.2.4).
                          By default latest version will be installed.
  --do-initdb             After installation run initdb with checksums.
  --package=              Set specific package (all, client, libpq5).
                          "all" is default.
  --data-dir              Set data directory to which the cluster are going
                          to be installed. Default is:
                  "/var/lib/postgresql/tantor-$EDITION-$MAJOR_VERSION/data".
---------------------------------------
  --from-file=            Install package from local file (rpm, deb)
                          May be used with --do-initdb option
====================
Example for commercial use
====================
 export NEXUS_USER="user_name"
export NEXUS_USER_PASSWORD="user_password"
export NEXUS_URL="nexus.tantorlabs.ru"
./db_installer.sh \
    --do-initdb \
    --major-version=15 \
    --edition=se
====================
Example for evaluation use (without login and password)
Only for Basic Edition
====================
export NEXUS_URL="nexus-public.tantorlabs.ru"
./db_installer.sh \
    --do-initdb \
    --major-version=15 \
    --edition=be
====================
Examples how to install from file
====================
./db_installer.sh \
    --from-file=./packages/tantor-be-server-15_15.4.1.jammy_amd64.deb
./db_installer.sh \
    --do-initdb \ --from-file=/tmp/tantor-be-server-15_15.4.1.jammy_amd64.deb
```

При создании кластера инсталлятором включается подсчет контрольных сумм для блоков данных.

8) Проверьте, что путь к исполняемым файлам был добавлен в файл профиля пользователя `postgres`. Переключитесь в пользователя `postgres`, который создаётся инсталлятором для запуска экземпляров кластеров. Параметр "**-**" заставляет исполнить файлы профилей того пользователя, в которого идёт переключение.

```
 root@tantor:/home/astra# su - postgres
postgres@tantor:~$ cat .bash_profile
export PGDATA=/var/lib/postgresql/tantor-se-18/data
#export LC_MESSAGES=ru_RU.utf8
#unset LANGUAGE
export PATH=/opt/tantor/db/18/bin:$PATH
```

9) Этот пункт выполните только, если в файле **.bash_profile** отсутствует переменная окружения PGDATA.

Если переменная отсутствует, то добавьте путь к файлам кластера в переменную окружения, чтобы в будущем каждый раз не указывать ее параметром с названием "`-D`" утилитам. Команду вводить одной строкой, нужно использовать две угловые скобки:

```
postgres@tantor:~$

echo "export PGDATA=/var/lib/postgresql/tantor-se-18/data" >> .bash_profile
```

Проверьте, что успешно и правильно добавили `PGDATA` в конец файла профиля.

```
postgres@tantor:~$ cat .bash_profile
#export LC_MESSAGES=ru_RU.utf8
#unset LANGUAGE
export PATH=/opt/tantor/db/18/bin:$PATH
export PGDATA=/var/lib/postgresql/tantor-se-18/data
```

Перечитайте файл профиля, который изменили:

```
postgres@tantor:~$ source .bash_profile
```

Часть 2. Создание кластера утилитой initdb

1) Остановите экземпляр. Используйте утилиту pg_ctl:

```
postgres@tantor:~$ pg_ctl stop
waiting for server to shut down.... done
server stopped
```

Можно было использовать команду управления службами, запускаемыми инфраструктурой systemd: sudo systemctl stop tantor-se-server-18, но гарантий того, что после возврата промпта все процессы остановлены нет.

2) Откройте текстовым редактором, с которым знакомы (kate или mcedit) файл /usr/lib/systemd/system/tantor-se-server-18.service, или, если не знакомы, то командой cat и найдите строки, где указаны утилиты, которые вызываются при запуске, остановке или обновлении (reload) службы:

```
postgres@tantor:~$
cat /usr/lib/systemd/system/tantor-se-server-18.service | grep /opt

ExecStartPre=/opt/tantor/db/18/bin/postgresql-check-db-dir ${PGDATA}
ExecStart=/opt/tantor/db/18/bin/pg_ctl start -D ${PGDATA} -s -w -t
${PGSTARTTIMEOUT}
ExecStop=/opt/tantor/db/18/bin/pg_ctl stop -D ${PGDATA} -s -m fast
ExecReload=/opt/tantor/db/18/bin/pg_ctl reload -D ${PGDATA} -s
```

При запуске командой systemctl сначала проверяется, что директория PGDATA "похожа" на директорию кластера утилитой postgresql-check-db-dir, и потом используется pg_ctl start.

Для запуска, остановки, перечитывания конфигурации используется утилита pg_ctl. Обновление (reload) - это не перезагрузка (restart), а перечитывание файлов конфигурации экземпляра.

Режим остановки по умолчанию - fast.

Если экземпляр запускался утилитой pg_ctl, а не через systemd, то systemctl не остановит экземпляр. При этом, pg_ctl останавливает экземпляр, запущенный любым способом. Поэтому рекомендуется останавливать экземпляр утилитой pg_ctl.

Запускать экземпляр лучше через systemctl. При запуске экземпляра через сетевое соединение (подсоединившись по ssh) утилитой pg_ctl, экземпляр принудительно остановится после закрытия сетевого соединения, так как, по умолчанию, KillUserProcesses=yes, но значение можно поменять в /etc/systemd/logind.conf. Также, при запуске через pg_ctl, придётся настроить вывод журнала сообщений в файл, чтобы диагностические сообщения выводились в файл, а не в терминал.

3) Выполните ещё раз команду остановки экземпляра. Если экземпляр запущен - он остановится, если не запущен - утилита об этом сообщит:

```
postgres@tantor:~$ pg_ctl stop
pg_ctl: PID file "/var/lib/postgresql/tantor-se-18/data/postmaster.pid" does
not exist
```

```
Is server running?
```

4) Сохраните директорию кластера. Для этого выполните три комады:

```
postgres@tantor:~$ mkdir $PGDATA/../data.SAVE
mv $PGDATA/* $PGDATA/../data.SAVE
chmod 750 $PGDATA/../data.SAVE
```

5) Создадим новый кластер. Для создания кластера используется утилита `initdb`. Утилите передаются параметры, также она реагирует на переменные окружения, в частности, относящиеся к локализации. Запустите утилиту без параметров (со значениями по умолчанию):

```
postgres@tantor:~$ initdb
The files belonging to this database system will be owned by user "postgres".
This user must also own the server process.
The database cluster will be initialized with locale "en_US.UTF-8".
The default database encoding has accordingly been set to "UTF8".
The default text search configuration will be set to "english".
Data page checksums are enabled.
fixing permissions on existing directory /var/lib/postgresql/tantor-se-18/data
... ok
creating subdirectories ... ok
selecting dynamic shared memory implementation ... posix
selecting default max_connections ... 100
selecting default shared_buffers ... 128MB
selecting default time zone ... Europe/Moscow
creating configuration files ... ok
running bootstrap script ... ok
performing post-bootstrap initialization ... ok
syncing data to disk ... ok
initdb: warning: enabling "trust" authentication for local connections
initdb: hint: You can change this by editing pg_hba.conf or using the option
-A, or --auth-local and --auth-host, the next time you run initdb.
Success. You can now start the database server using:


    pg_ctl -D /var/lib/postgresql/tantor-se-18/data -l logfile start
```

6) Прочитайте результат. Для этого можно использовать клавиши на клавиатуре `<Shift+PgUp> <Shift+PgDown>`. Обратите внимание на то, что начиная с 18 версии PostgreSQL подсчет контрольных сумм включается по умолчанию.

Также выдаются параметры локализации, с которыми создан кластер.

7) Проверьте утилитой `pg_controldata`, что подсчет контрольных сумм включён:

```
postgres@tantor:~$ pg_controldata
pg_control version number:            1800
Tantor edition:                       Tantor Special Edition
Commit hash:                          198068a9cba07d65
Catalog version number:               642601132
Database system identifier:           7632634307101010267
Database cluster state:              shut down
pg_control last modified:             Sat 25 Apr 2026 12:59:19 PM MSK
Latest checkpoint location:           0/1797230
Latest checkpoint's REDO location:    0/1797230
Latest checkpoint's REDO WAL file:    000000010000000000000001
Latest checkpoint's TimeLineID:       1
Latest checkpoint's PrevTimeLineID:   1
Latest checkpoint's full_page_writes: on
Latest checkpoint's NextXID:          753
Latest checkpoint's NextOID:          13603
```

```
Latest checkpoint's NextMultiXactId:  1
Latest checkpoint's NextMultiOffset:  0
Latest checkpoint's oldestXID:        745
Latest checkpoint's oldestXID's DB:   1
Latest checkpoint's oldestActiveXID:  0
Latest checkpoint's oldestMultiXid:   1
Latest checkpoint's oldestMulti's DB: 1
Latest checkpoint's oldestCommitTsXid:0
Latest checkpoint's newestCommitTsXid:0
Time of latest checkpoint:            Sat 25 Apr 2026 12:59:19 PM MSK
Fake LSN counter for unlogged rels:   0/3E8
Minimum recovery ending location:     0/0
Min recovery ending loc's timeline:   0
Backup start location:                0/0
Backup end location:                  0/0
End-of-backup record required:        no
wal_level setting:                    replica
wal_log_hints setting:                off
max_connections setting:              100
max_worker_processes setting:         8
max_wal_senders setting:              10
max_prepared_xacts setting:           0
max_locks_per_xact setting:           64
track_commit_timestamp setting:       off
Maximum data alignment:               8
Database block size:                  8192
Blocks per segment of large relation: 131072
WAL block size:                       8192
Bytes per WAL segment:                16777216
Maximum length of identifiers:        64
Maximum columns in an index:          32
Maximum size of a TOAST chunk:        1996
Size of a large-object chunk:         2048
Date/time type storage:               64-bit integers
Float8 argument passing:              by value
Data page checksum version:           1
Default char data signedness:         signed
Mock authentication nonce:            62a6a85f1cb9bc10a4857...
Init Tantor edition:                  Tantor Special Edition
Init commit hash:                     198068a9cba07d65
```

8) Найдите в результате информацию о том, что экземпляр кластера не был запущен или корректно погашен. Это строка:

```
Database cluster state:               shut down
```

9) Посмотрите какие есть параметры у утилиты `pg_checksum`:

```
postgres@tantor:~$ pg_checksums --help
pg_checksums enables, disables, or verifies data checksums in a PostgreSQL
database cluster.
Usage:
  pg_checksums [OPTION]... [DATADIR]
Options:
 [-D, --pgdata=]DATADIR data directory
  -c, --check            check data checksums (default)
  -d, --disable          disable data checksums
  -e, --enable           enable data checksums
  -f, --filenode=FILENODE  check only relation with specified filenode
  -N, --no-sync          do not wait for changes to be written safely to disk
  -P, --progress         show progress information
  -v, --verbose          output verbose messages
  -V, --version          output version information, then exit
```

```
  -?, --help             show this help, then exit
If no data directory (DATADIR) is specified, the environment variable PGDATA
is used.
```

Утилита может включать и выключать подсчет контрольных сумм на кластере.

Параметр **-c** проверяет блоки в существующих файлах данных на соответствие контрольным суммам, которые сохранены в их блоках.

10) Проверьте целостность файлов данных кластера:

```
postgres@tantor:~$ pg_checksums -c
Checksum operation completed
Files scanned:   950
Blocks scanned:  2890
Bad checksums:  0
Data checksum version: 1
```

Эта команда может использоваться для проверки, нет ли повреждённых блоков в файлах кластера. Недостаток утилиты в том, что экземпляр должен быть остановлен.

11) Запустите экземпляр кластера:

```
postgres@tantor:~$ pg_ctl start
waiting for server to start....
LOG:  Tantor Special Edition 18.3.0 198068a9 on x86_64-pc-linux-gnu, compiled
by gcc (Astra 12.2.0-14.astra3) 12.2.0, 64-bit
LOG:  listening on IPv4 address "127.0.0.1", port 5432
LOG:  listening on Unix socket "/var/run/postgresql/.s.PGSQL.5432"
LOG:  database system was shut down at 13:25:56 MSK
LOG:  database system is ready to accept connections
 done
server started
```

Экземпляр использует порт 5432 (числа присутствуют в названии файла) для Unix sockets и тот же порт на локальном сетевом интерфейсе.

12) Экземпляр также можно запускать командой `sudo systemctl start tantor-se-server-18`. Предпочтительнее использовать запуск с помощью `systemctl`. При запуске командой `pg_ctl start`, которую мы использовали, сообщения выводятся в `error output stream`, по умолчанию, направленный на терминал пользователя операционной системы `postgres`, если не установлен параметр конфигурации `logging_collector=on`

Проверьте это:

```
postgres@tantor:~$ psql -c "\dconfig log_destination"
List of configuration parameters
    Parameter     | Value
-----------------+--------
 log_destination | stderr
(1 row)
```

При запуске с помощью systemd значение параметра то же (log_destination=stderr), но error output stream направлен на журнал операционной системы или процесс syslog (текстовый файл /var/log/syslog, куда собираются все сообщения от процессов операционной системы). При промышленной эксплуатации в журнал могут передаваться большие объемы текста, и лучше использовать процесс сбора сообщений logger (включается параметром конфигурации logging_collector=on), который работает в асинхронном режиме и не приводит к задержкам в работе процессов. Конфигурирование журнала сообщений рассматривается в отдельной главе курса.

Часть 3. Режим одного пользователя

1) Посмотрим использование режима одного пользователя. Режим используется в редких случаях повреждения файлов кластера.

Остановите экземпляр кластера:

```
postgres@tantor:~$ pg_ctl stop
waiting for server to shut down.... done
server stopped
```

Кроме сообщений об остановке от утилиты `pg_ctl`, на экран будут выданы сообщения, которые обычно выводятся в диагностический журнал.

2) Запустите один процесс, который будет принимать наши команды в одной сессии:

```
postgres@tantor:~$ postgres --single
PostgreSQL stand-alone backend 18.3
```

3) Появится промпт. Команды типа `SELECT` выдают результат не в обычном виде, а с диагностическими данными. Также команды необязательно завершать и посылать на выполнение символом "`;`".

Дайте команду `SELECT`:

```
backend> select tantor_version()
     1: tantor_version (typeid = 25, len = -1, typmod = -1, byval = f)
    ----
     1: tantor_version = "Tantor Special Edition 18.3.0" (typeid = 25, len = -1,
typmod = -1, byval = f)
    ----
```

4) Дайте команду `reindex system`:

```
backend> reindex system
```

Команда перестроит индексы на таблицы системного каталога.

5) Для выхода из сессии нужно набрать на клавиатуре комбинацию клавиш **<Ctrl+D>**. Команды `psql` (начинающиеся на обратный слэш, например, команда выхода из psql "`\q`") и их синонимы (`quit`, `exit` которые являются синонимами `\q`), не работают, так как мы работаем не в утилите `psql`.

Отсоединитесь от кластера, набрав комбинацию клавиш **<Ctrl+D>**:

```
backend> <Ctrl+D> LOG:  checkpoint starting: shutdown immediate
LOG:  checkpoint complete: wrote 145 buffers (0.9%); 0 WAL file(s) added, 0
removed, 1 recycled; write=0.007 s, sync=0.070 s, total=0.086 s; sync
files=283, longest=0.012 s, average=0.001 s; distance=5719 kB, estimate=5719
kB; lsn=0/208C110, redo lsn=0/208C110
postgres@tantor:~$
```

Примечание: если вы по ошибке набрали <Ctrl+z> вместо <Ctrl+D> (EOF), то вы приостановили процесс и отправили его в фоновый режим. Вернуть процесс в режим foreground и получить возможность правильно завершить работу процесса можно командой `fg postgres`. Пример:

```
postgres@tantor:~$ postgres --single
```

```
PostgreSQL stand-alone backend 18.3
backend> ^Z
[1]+  Stopped                 postgres --single
postgres@tantor:~$ fg postgres
postgres --single
<ENTER>
backend> <Ctrl+D>
LOG:  checkpoint starting: shutdown immediate
```

Примечание: текст в сообщении "shutdown immediate" относится к свойствам контрольной точки, а не к режиму остановки экземпляра. При остановке экземпляра в режиме immediate (команда pg_ctl stop -m immediate) контрольная точка не выполняется.

Текст в сообщениях о контрольной точке (после LOG: checkpoint starting:) означает:

shutdown: контрольная точка вызвана остановкой экземпляра.

immediate: выполнить контрольную точку с максимальной скоростью, игнорируя значение параметра checkpoint_completion_target.

force: выполнить контрольную точку, даже если с прошлой контрольной точки в WAL ничего не было записано (в кластере не было активности), это происходит, если экземпляр останавливается (shutdown) или в конце восстановления (end-of-recovery).

wait: ждать завершения контрольной точки перед тем, как вернуть управление процессу, вызвавшему контрольную точку (без wait процесс запустит контрольную точку и продолжит работать дальше).

end-of-recovery: контрольная точка по окончании наката журналов (восстановление по WAL).

xlog: контрольная точка вызвана достижением max_wal_size ("по размеру").

time: контрольная точка вызвана достижением checkpoint_timeout ("по времени").

6) Запустите экземпляр из-под пользователя root:

```
postgres@tantor:~$ sudo systemctl start tantor-se-server-18
```

7) Остановите экземпляр. Независимо от того, как он запускался, его можно остановить утилитой pg_ctl:

```
postgres@tantor:~$ pg_ctl stop
waiting for server to shut down.... done
server stopped
```

Часть 4. Передача параметров экземпляру в командной строке

1) Посмотрим, как передавать параметры конфигурации для запуска экземпляра в командной строке. Установим параметр `work_mem` в значение 8 мегабайт. Часть параметров конфигурации можно задать только передав их в командной строке.

Запустите следующую команду:

```
postgres@tantor:~$ pg_ctl start -o "--work_mem=8MB" -l logfile.log
waiting for server to start.... done
server started
```

2) Проверьте, что параметр установился:

```
postgres@tantor:~$ psql
Pager usage is off.
psql (18.3)
Type "help" for help.

postgres=# show work_mem;
 work_mem
----------
 8MB
(1 row)
```

Часть 5. Локализация

1) После создания кластера проверим, удовлетворительно ли работает сортировка:

```
postgres=# SELECT n FROM unnest(ARRAY['a', 'e', 'ё', 'Ж', 'я', 'Ё','E']) n ORDER
BY n;
 n
---
 a
 e
 E
 ё
 Ё
 Ж
 я
(7 rows)
postgres=# SELECT n FROM unnest(ARRAY['a', 'e', 'ё', 'Ж', 'я', 'Ё','E']) n ORDER
BY n COLLATE "ru-x-icu";
 n
---
 a
 e
 E
 ё
 Ё
 Ж
 я
(7 rows)
```

2) Посмотрим, какие типы сортировок поддерживала операционная система при создании кластера:

```
postgres=# select collname from pg_collation where collname like '%ru%RU%';
  collname
-------------
ru_RU
ru_RU.cp1251
ru_RU.iso88595
ru_RU.utf8
ru_RU
ru_RU
ru-RU-x-icu
(7 rows)
```

При обновлении linux может меняться версия библиотек локализации (glibc или ICU). PostgreSQL в таком случае выдаёт предупреждение:

```
WARNING:  database "template1" has a collation version mismatch
DETAIL:  The database was created using collation version 2.42, but the
operating system provides version 2.43.
HINT:  Rebuild all objects in this database that use the default collation and
run ALTER DATABASE postgres REFRESH COLLATION VERSION, or build PostgreSQL with
the right library version.
```

При смене версий могут поменяться правила collation (например, буква ё и е станут считаться одной буквой), что может привести к появлению дубликатов в уникальных индексах. Чтобы убрать предупреждения нужно выполнить команды на базах данных кластера:

```
postgres=# alter database template1 refresh collation version;
NOTICE:  changing version from 2.42 to 2.43
ALTER DATABASE
```

Все объекты (индексы), затрагиваемые изменениями, нужно будет перестроить.

Часть 6. Однобайтные кодировки

Команды, приведенные ниже в этой части, не нужно выполнять, с ними можно ознакомиться:

1) postgres=# **select collname from pg_collation where collname like '%ru%RU%';**

```
    collname
----------------
 ru_RU
 ru_RU.cp1251
 ru_RU.iso88595
 ru_RU.utf8
 ru_RU
 ru_RU
 ru-RU-x-icu
(7 rows)
```

2) Создание базы данных с другим типом сортировки:

```
postgres=# create database lab01iso88595 LC_COLLATE = 'ru_RU.iso88595';
ERROR:  encoding "UTF8" does not match locale "ru_RU.iso88595"
DETAIL:  The chosen LC_COLLATE setting requires encoding "ISO_8859_5".
```

Ошибка указывает на то, что сортировка связана с кодировкой.

3) Укажем кодировку:

```
postgres=# create database lab01iso88595 LC_COLLATE = 'ru_RU.iso88595'
ENCODING='ISO_8859_5';
ERROR:  encoding "ISO_8859_5" does not match locale "en_US.UTF-8"
DETAIL:  The chosen LC_CTYPE setting requires encoding "UTF8".
```

Ошибка указывает на то, что `ctype` также связан с кодировкой.

4) Попробуем ещё:

```
postgres=# create database lab01iso88595 LC_COLLATE = 'ru_RU.iso88595'
LC_CTYPE='ru_RU.iso88595';
ERROR:  encoding "UTF8" does not match locale "ru_RU.iso88595"
DETAIL:  The chosen LC_CTYPE setting requires encoding "ISO_8859_5".
```

Убеждаемся, что выбранный `ctype` требует задания кодировки для создаваемой базы данных.

5) Укажем все три параметра:

```
postgres=# create database lab01iso88595 LC_COLLATE = 'ru_RU.iso88595'
LC_CTYPE='ru_RU.iso88595' ENCODING='ISO_8859_5';
ERROR:  new encoding (ISO_8859_5) is incompatible with the encoding of the
template database (UTF8)
HINT:  Use the same encoding as in the template database, or use template0 as
template.
```

Ошибка указывает на то, что база данных `template1` не может использоваться, единственный шаблон, который может использоваться это **`template0`**.

6) Укажем имя шаблона:

```
postgres=# create database lab01iso88595 LC_COLLATE = 'ru_RU.iso88595'
LC_CTYPE='ru_RU.iso88595' ENCODING='ISO_8859_5' TEMPLATE= template0;
CREATE DATABASE
```

При создании базы данных с кодировкой, отличной от кодировки по умолчанию, для кластера пришлось указать все четыре параметра.

7) Подключимся к новой базе данных и проверим, правильно ли работает сортировка с однобайтной кодировкой. Зададим её явно, но можно было не указывать, так как для этой базы данных, это значение сортировки используется по умолчанию:

```
postgres=# \c lab01iso88595
You are now connected to database "lab01iso88595" as user "postgres".
lab01iso88595=# SELECT n FROM unnest(ARRAY['a', 'e', 'ё', 'Ж', 'я', 'Ё','E']) n
ORDER BY n COLLATE "ru_RU.iso88595";
 n
---
 a
 e
 E
 ё
 Ё
 Ж
 я
(7 rows)
```

Работает правильно, так же, как и с кодировкой UTF-8.

8) Удалите созданную базу данных:

```
postgres=# \c postgres
You are now connected to database "postgres" as user "postgres".
postgres=# drop database lab01iso88595;
DROP DATABASE
postgres=# \q
postgres@tantor:~$
```

Часть 7. Использование утилит управления

Познакомимся с утилитами командной строки, которые являются оболочками команд SQL. Возможно, их будет удобно использовать.

1) Посмотрите параметры утилиты создания баз данных. У утилит командной строки Линукс принято иметь параметр (ключ) с названием `--help` или `-h` с кратким описанием параметров. Выполните выход из psql и выполните команду под пользователем `postgres`:

```
postgres=# \q
```

```
postgres@tantor:~$ createdb --help
```

Есть стратегии создания базы данных: wal_log и file_copy.

Создайте базу данных с именем `lab01database`:

```
postgres@tantor:~$ createdb lab01database
```

Ошибки не выдано, значит база данных создана.

2) Посмотрите список баз данных кластера и их табличных пространств по умолчанию утилитой `oid2name`. Проверьте, что база данных `lab01database` есть в списке:

```
postgres@tantor:~$ oid2name
All databases:
   Oid  Database Name  Tablespace
----------------------------------
  16552  lab01database  pg_default
      5  postgres       pg_default
      4  template0      pg_default
      1  template1      pg_default
```

3) Создайте пользователя с именем `lab01user`, с таким же паролем и с атрибутами, позволяющими подсоединяться к базам данных кластера, и атрибутом суперпользователя:

```
postgres@tantor:~$ createuser lab01user --login --superuser -P
Enter password for new role: lab01user
Enter it again: lab01user
postgres@tantor:~$
```

При вводе пароля, он не печатается на экране.

4) Запустите утилиту выгрузки данных из кластера и в режиме выгрузки глобальных объектов: Глобальные объекты - это общие объекты для всех баз данных кластера. По умолчанию утилита выводит создаваемые команды в stdout (на экран терминала).

```
postgres@tantor:~$ pg_dumpall -g
--
-- PostgreSQL database cluster dump
--
SET default_transaction_read_only = off;
SET client_encoding = 'UTF8';
SET standard_conforming_strings = on;
--
-- Roles
--
CREATE ROLE lab01user;
ALTER ROLE lab01user WITH SUPERUSER INHERIT CREATEROLE CREATEDB LOGIN
NOREPLICATION NOBYPASSRLS PASSWORD 'SCRAM-SHA-256$4096:..';
```

```
CREATE ROLE postgres;
ALTER ROLE postgres WITH SUPERUSER INHERIT CREATEROLE CREATEDB LOGIN
REPLICATION BYPASSRLS;
```

В выданных командах будет присутствовать команда воссоздания пользователя, которого только что создали.

5) Выполните вакуумирование всех баз данных и заморозку строк:

```
postgres@tantor:~$ vacuumdb -a -F
vacuumdb: vacuuming database "lab01database"
vacuumdb: vacuuming database "postgres"
vacuumdb: vacuuming database "template1"
```

6) Проверьте, что кластер запущен и принимает соединения

```
postgres@tantor:~$ pg_isready
/var/run/postgresql:5432 - accepting connections
```

Часть 8. Настройка терминального клиента psql

1) Проверьте, что вы в терминале пользователя postgres, посмотрев на промпт терминала командной строки:

```
postgres@tantor:~$
```

2) Запустите `psql` и выйдите из интерактивного режима утилиты. Для выхода можно использовать команду `\q` , либо комбинацию клавиш `<Ctrl+D>` , либо `quit` , либо `exit`.

```
postgres@tantor:~$ psql
psql (18.3)
Type "help" for help.
postgres=# \q
postgres@tantor:~$
```

Обратите внимание на приглашения (prompt) `psql` и терминала, они отличаются. Это пригодится, чтобы не вводить SQL-команды в терминале операционной системы и наоборот.

3) Посмотрите содержимое файла `.psqlrc`:

```
postgres@tantor:~$ cat ~/.psqlrc
\setenv PAGER 'less -XS'
\setenv PSQL_EDITOR '/usr/bin/mcedit'
\pset pager off
      postgres@tantor:~$
```

При редактировании процедур, функций, представлений в `psql`.будет использоваться редактор **mcedit**. Для постраничного вывода будет использоваться утилита `less`. Однако, постраничный вывод отключён, так как он не удобен.

Для добавления строк в конец файла можно использовать команду:

```
echo "\set ON_ERROR_ROLLBACK interactive" >> ~/.psqlrc
```

Установка **ON_ERROR_ROLLBACK interactive** удобна тем, что при работе в интерактивном режиме, psql неявно создаёт точку сохранения перед каждой командой. Если команда будет ошибочна, то выполнится возврат к точке сохранения и транзакция не перейдёт в состояние сбоя. Точки сохранения замедляют работу сессии, поэтому параметр стоит ставить только для интерактивного режима.

4) Возможно использование графических редакторов. В AstraLinux стандартно установлен графический редактор `kate`. Однако, если вы используете утилиту `su` для переключения терминала в другого пользователя операционной системы, графический редактор не запустится. В этом случае можно вместо `su` использовать команды, приведенные ниже. Команды в этом пункте приведены для справки и их не нужно выполнять.

```
 postgres@tantor:~$ exit
logout
root@tantor:/home/astra# exit
exit
astra@tantor:~$ ssh -X postgres@localhost
The authenticity of host 'localhost (::1)' can't be established.
EC25519 key fingerprint is SHA256:12VsUcC5hw5I1zr015AJ8C+xsN0m5h+I1U2M/xdNg6o.
Are you sure you want to continue connecting (yes/no/[fingerprint])? yes
Warning: Permanently added 'localhost' (EC25519) to the list of known hosts.
```

```
postgres@localhost's password: postgres
/usr/bin/xauth:  file /var/lib/postgresql/.Xauthority does not exist
postgres@tantor:~$ export PSQL_EDITOR=kate
postgres@tantor:~$ pg_ctl stop
postgres@tantor:~$ sudo systemctl start tantor-se-server-18
postgres@tantor:~$ kate
postgres@tantor:~$ exit
```

Можно убрать из `~/.psqlrc` строку `\setenv PSQL_EDITOR /usr/bin/mcedit`

Подключившись по ssh не стоит запускать экземпляр утилитой `pg_ctl start`, так как после закрытия соединения ssh экземпляр остановится. Причина - родительский процесс, запустивший процесс `postgres` останавливается, так как, по умолчанию, `KillUserProcesses=yes`, но значение можно поменять в `/etc/systemd/logind.conf`. При подсоединении по ssh запускать экземпляр стоит командой `sudo systemctl start tantor-se-server-18`.

5) Запустите `psql` и **включите постраничный вывод**:

```
postgres@tantor:~$ psql
psql (18.3)
Type "help" for help.
 postgres=# \pset pager on
```

6) Посмотрите подсказку по командам `psql` , набрав команду `\?` и промотайте нажатием клавиши <Enter> на клавиатуре до подраздела Query Buffer:

```
postgres=# \?
...
Query Buffer
  \e [FILE] [LINE]     edit the query buffer (or file) with external editor
  \ef [FUNCNAME [LINE]]  edit function definition with external editor
  \ev [VIEWNAME [LINE]]  edit view definition with external editor
  \p                   show the contents of the query buffer
  \r                   reset (clear) the query buffer
  \s [FILE]            display history or save it to file
  \w FILE              write query buffer to file
```

Можно пользоваться клавишами `z` - промотать экран вверх, `b` - промотать экран вниз, `q` - выйти. Также можно проматывать буфер терминала клавишами <Shift+PgUp> <Shift+PgDn>.

7) Если удобнее читать подсказку на русском языке, установите переменную окружения `LC_MESSAGES`, которой устанавливается язык сообщений утилит. Это можно сделать на уровне терминала, настройка и будет действовать до тех пор, пока не закроете терминал.

Нажмите на клавиатуре комбинацию клавиш <Ctrl+D> (или наберите команду `\q` и клавишу <Enter>). Удобно использовать <Ctrl+D>, так как она универсальна и быстрее набирается.

Наберите команду:

```
postgres@tantor:~$ export LC_MESSAGES=ru_RU.utf8
unset LANGUAGE
```

8) Этот пункт не нужно делать. Если вы хотите чтобы сообщения на русском языке действовали постоянно, то наберите команды:

```
postgres@tantor:~$ cp .bash_profile .bash_profile.OLD
echo "export LC_MESSAGES=ru_RU.utf8" >> ~/.bash_profile
```

```
echo "unset LANGUAGE" >> ~/.bash_profile
```

9) Если вместо двух символов ">>" набрать один ">" то содержимое файла затрётся. Двойной символ добавляет строку в конец файла. В домашнем каталоге может присутствовать файл `.profile`. Этот файл неудобен тем, что если в домашнем каталоге присутствует файл `.bash_profile` или `.bash_login` , то файл `.profile` не действует.

Запустите `psql` и повторите команду `\?`. История команд сохраняется и можно, набирая на клавиатуре стрелку вверх или вниз, выбирать команды из истории, а нажимая <Enter> - их повторять.

```
postgres@tantor:~$ psql
psql (18.3)
Введите "help", чтобы получить справку.
postgres=# \?
Буфер запроса

\e [ФАЙЛ] [СТРОКА]   править буфер запроса (или файл) во внешнем редакторе
\ef [ФУНКЦИЯ [СТРОКА]] править определение функции во внешнем редакторе
\ev [VIEWNAME [LINE]] править определение представления во внешнем редакторе
\p                    вывести содержимое буфера запросов
\r                    очистить буфер запроса
\s [ФАЙЛ]             вывести историю или сохранить её в файл
\w ФАЙЛ               записать буфер запроса в файл

:q
```

Если вы хотите прервать отображение подсказки, нажмите клавишу "q"

10) Прочтите выделенный текст. Команды **\p \r** обычно забывают или не знают о них, но они полезны.

Как `psql` взаимодействует с программой редактора? Когда вы набираете команды **\e \ef \ev** запускается редактор и ему `psql` передает текст того, что хотите редактировать, и путь к временному файлу, который вы обычно не видите. В примере ниже название файла высвечивается на первой строке картинки как `/tmp/psql/edit.6652.sql`

Дальше средствами редактора вы редактируете текст и нажимаете в редакторе "сохранить" отредактированное и "закрыть" редактор. Редактор сохраняет текст в файл и `psql` получает уведомление, что редактор закрыт. Скрыто от вас `psql` открывает файл и загружает его в буфер, точно так же, как будто вы набрали содержимое файла на клавиатуре.

Нюанс: если в конце команды, когда вы находились в редакторе, вы не поставили точку с запятой и переход на новую строку в конце набранной или редактируемой команды, или уже находясь в `psql` вы её не набрали, то команда не пошлётся на выполнение и вы будете продолжать заполнять буфер. Этот нюанс может затруднять использование команд **\e \ef** и **\ev** , склоняя к использованию графических средств типа pgAdmin.

11) Вызовите редактор создания представления командой **\ev** наберите команду, как показано ниже, нажмите клавишу F2 (сохранить) F10 (выйти). При желании, вы можете выбрать редактор, который вам удобнее. В редакторе `kate` , который возможно использовать в AstraLinux, быстрые комбинации клавиш: <Ctrl+S> - сохранить, <Ctrl+Q> - выйти из редактора.

```
/tmp/psql.edit.6652.sql    [-M--]  0 L:[  1+ 2
CREATE OR REPLACE VIEW public.lab01view AS
 SELECT now();
```

```
postgres=# \ev
CREATE VIEW
```

12) Командой **\p** посмотрите последнюю команду. Команда была получена `psql` из редактора.

После посылки команд на выполнение:

```
postgres=# \p
CREATE VIEW lab01view  AS
SELECT now();
```

13) Также можно посмотреть определение представление или подпрограммы (routines к которым относятся процедуры и функции):

```
  \sf[+]  ИМЯ_ФУНКЦИИ показать определение функции
  \sv[+]  ИМЯ_ПРЕДСТ  показать определение представления
```

Наберите:

\sv l<TAB><ENTER>

Где <TAB> - клавиша табуляции, <ENTER> - тоже клавиша на клавиатуре.

После нажатия клавиши <TAB> `psql` дополнит название представления. Если представлений, начинающихся на букву "l" много (или вообще нет таких), то не дополнит. В этом случае второе нажатие клавиши <TAB> высветит список кандидатов. Вы сможете набрать еще несколько символов и снова нажать <TAB>, и потом послать на выполнение то, что набрали нажав клавишу <ENTER>.

```
postgres=# \sv lab01view
CREATE OR REPLACE VIEW public.lab01view AS
SELECT now() AS now
postgres=#
```

Обратите внимание, что точки с запятой в конце команды нет. При открытии редактора она также не появится. После "`now`" надо вставить ; и возврат каретки.

```
/tmp/psql.edit.9109.sql    [----]  0 L:[  1+ 1
CREATE OR REPLACE VIEW public.lab01view AS
SELECT now() AS now
```

Мы рассмотрели детали работы самого неочевидного функционала `psql` - взаимодействия с редактором. Остальная информация гораздо проще.

Часть 9. Использование терминального клиента psql

1) Выполните команды:

```
postgres=# begin transaction;
BEGIN
```

2) Мы начали транзакцию. Обратите внимание, что промпт изменился - появился символ звездочки. В psql с промптом по умолчанию вы видите, если ли открытая транзакция, чтобы принять решение, зафиксировать ли ее.

Дальше наберем команду в несколько строк.

Наберите SELECT:

```
postgres=*# select
```

3) Обратите внимание на то, что промпт опять изменился: вместо символа равенство появилось тире. Донаберите команду и завершите команду точкой с запятой:

```
postgres-*# tantor_version();
        tantor_version
-------------------------------
 Tantor Special Edition 18.3.0
(1 row)
```

4) Обратите внимание - промпт опять изменился: вместо символа тире вернулся символ равенства. Это означает, что в буфере нет незавершенной команды, и вы будете набирать первую строку команды.

Наберите ошибочную команду и пошлите на выполнение точкой с запятой:

```
postgres=*# ffff;
ERROR:  syntax error at or near "ffff"
LINE 1: ffff;
```

Выдалась ошибка синтаксиса. Обратите внимание на то, что вместо звёздочки, означающей открытую транзакцию, появился символ восклицательного знака. Это означает, что транзакция ещё открыта, но она перешла в состояние сбоя, а в таком состоянии транзакция не может зафиксироваться, а только откатиться. В состояние сбоя транзакции переходят нечасто, а только после некоторых ошибок, которые считаются серьезными настолько, что зафиксировать операторы, накопившиеся в транзакции, нельзя. Например, ошибки сериализации доступа. Что опасного в команде "ffff"? Её получает серверный процесс и видит, что это что-то совсем дикое, не может же программист написать такую команду. Серверный процесс рассчитывает, что ему даёт команды приложение, написанное программистом и оттестированное. Поэтом считает, что нужно перевести транзакцию в состояние сбоя.

5) Проверим, что если послать на выполнение правильную команду. Наберите:

```
postgres=!# select 1;
ERROR:  current transaction is aborted, commands ignored until end of
transaction block
```

Выдается ошибка, что команда не выполнена, и любые команды будут игнорироваться серверным процессом, пока клиент "добровольно" не завершит транзакцию.

6)Завершаем транзакцию одной из двух команд завершения транзакций:

```
postgres=!# commit;
ROLLBACK
```

Обратите внимание, что транзакция переведенная в состояние сбоя, не может зафиксироваться, только откатиться полностью или до точки сохранения, если она была установлена. На команду `COMMIT` серверный процесс возвращает: "транзакция завершена путем отката".

Есть параметр `ON_ERROR_ROLLBACK`, он позволяет не терять результаты выполненных команд. Этот параметр заставляет `psql` устанавливать после каждой команды точку сохранения (SAVEPOINT), что нежелательно, так как увеличивает использование счетчика транзакций (xid). Если его устанавливать, то лучше в значение **`INTERACTIVE`**, тогда точки сохранения будут устанавливаться, если работать в `psql` интерактивно.

7) Установите этот параметр:

```
postgres=# \set ON_ERROR_ROLLBACK INTERACTIVE
```

8) Повторите команды из предыдущего примера:

```
postgres=# begin;
BEGIN
postgres=*# select 1;
 ?column?
----------
        1
(1 строка)
postgres=*# ffff;
ERROR:  syntax error at or near "ffff"
СТРОКА 1: ffff;
          ^
postgres=*# commit;
COMMIT
```

Транзакция была закрыта фиксацией, а не откатом.

9) Посмотрим, как `psql` обрабатывает свои команды - что он посылает серверному процессу, чтобы вывести красивый результат. Посмотрим, какие роли есть в кластере. На английском языке это бы звучало "describe user", сокращения по первым буквам слов "du". Добавим обратный слэш - общее начало всех команд утилиты `psql`. Если без обратного слэша, это команда SQL и посылается на выполнение серверному процессу как текст. Для посылки на выполнение используется точка с запятой `";"` - иначе как `psql` узнать, что вы завершили набирать команду.

Наберите:

```
postgres=# \du
                     Список ролей
 Имя роли  |                 Атрибуты
-----------+------------------------------------------
 lab01user | Суперпользователь, Создаёт роли, Создаёт БД
 postgres  | Суперпользователь, Создаёт роли, Создаёт БД, Репликация,
Пропускать RLS
```

10) Установите параметр `psql`, который покажет, какую команду `psql` сам формирует и посылает на выполнение:

```
postgres=# \set ECHO_HIDDEN on
```

11) Повторите команду:

```
postgres=# \du
********* ЗАПРОС *********
SELECT r.rolname, r.rolsuper, r.rolinherit,
  r.rolcreaterole, r.rolcreatedb, r.rolcanlogin,
  r.rolconnlimit, r.rolvaliduntil
, r.rolreplication
, r.rolbypassrls
FROM pg_catalog.pg_roles r
WHERE r.rolname !~ '^pg_'
ORDER BY 1;
**************************

                               Список ролей
 Имя роли  |                          Атрибуты
-----------+----------------------------------------
 lab01user | Суперпользователь, Создаёт роли, Создаёт БД
 postgres  | Суперпользователь, Создаёт роли, Создаёт БД, Репликация, Пропускать RLS
```

12) Скопируйте и вставьте (copy-paste) текст команды. Для этого можно использовать комбинации клавиш <Ctrl+Shift+c> <Ctrl+Shift+v>

```
 postgres=# SELECT r.rolname, r.rolsuper, r.rolinherit, r.rolcreaterole,
r.rolcreatedb, r.rolcanlogin, r.rolconnlimit, r.rolvaliduntil, r.rolreplication,
r.rolbypassrls
FROM pg_catalog.pg_roles r
WHERE r.rolname !~ '^pg_'
ORDER BY 1 \gx
-[ RECORD 1 ]--+----------
rolname        | lab01user
rolsuper       | t
rolinherit     | t
rolcreaterole  | t
rolcreatedb    | t
rolcanlogin    | t
rolconnlimit   | -1
rolvaliduntil  |
rolreplication | f
rolbypassrls   | f
-[ RECORD 2 ]--+----------
rolname        | postgres
rolsuper       | t
rolinherit     | t
rolcreaterole  | t
rolcreatedb    | t
rolcanlogin    | t
rolconnlimit   | -1
rolvaliduntil  |
rolreplication | t
rolbypassrls   | t
```

Видно, какую информацию получает psql и можно сравнить с тем, как он её отображает: psql не отобразил атрибуты INHERIT и LOGIN. Почему? Потому что это значения по умолчанию при создании пользователя командой CREATE USER. Значения по умолчанию не отображаются. Будут отображаться их обратные значения: "Не наследуется, Вход запрещён". Эта особенность интуитивно непонятна, поэтому мы остановились на ней подробно.

13) Посмотрите командой **\?** справку по команде \connect (сокращённая версия команды \c)

Соединение:

```
  \c[onnect] {[БД|- ПОЛЬЗОВАТЕЛЬ|- СЕРВЕР|- ПОРТ|-] | conninfo}
                         подключиться к другой базе данных
                         (текущая: "postgres")
  \conninfo              информация о текущем соединении
```

14) Попробуйте различные комбинации подсоединения. Клавиша табуляции позволяет заканчивать параметр, так как psql в текущем подсоединении имеет доступ к списку имён баз данных и пользователей. Цель этой последовательности соединений - запомнить порядок следования параметров команды \c: **база пользователь хост порт**. Если какой-то параметр хотите оставить прежним, то замените его на тире. *<TAB><ENTER>* - клавиши табуляции и возврат каретки (новая строка) на клавиатуре.

```
 postgres=# \c la<TAB><ENTER>
Вы подключены к базе данных "lab01database" как пользователь "postgres".
lab01database=# \c - la<TAB><ENTER>
Вы подключены к базе данных "lab01database" как пользователь "lab01user".
lab01database=# \c - - localhost
Сейчас вы подключены к базе данных "lab01database", как пользователь
"lab01user" (сервер "localhost": адрес "127.0.0.1", порт "5432").
lab01database=# \c - - - 5432
Вы подключены к базе данных "lab01database" как пользователь "lab01user".
lab01database=# \c postgres p<TAB><ENTER>
Вы подключены к базе данных "postgres" как пользователь "postgres".
```

15) Посмотрим, как получать результат выборки в формате веб-страницы и просматривать ее в браузере. Откройте **новое** окно терминала (пользователь операционной системы astra).

16) Запустите psqlи убедитесь, что запустили в терминале пользователя astra:

```
astra@tantor:~$ psql
psql (18.3)
Type "help" for help.
```

17) Установите формат вывода HTML:

```
postgres=# \pset format html
Output format is html.
```

18) Перенаправьте вывод в файл с названием file.html:

```
postgres=# \o file.html
```

19) Дайте любую команду, результат которой неудобно читать в терминале (выпод команды не помещается по ширине в окне терминала):

```
postgres=# show all;
```

20) Отключите вывод в файл:

```
postgres=# \o
```

21) Запустите, на выходя из `psql`, окно браузера:

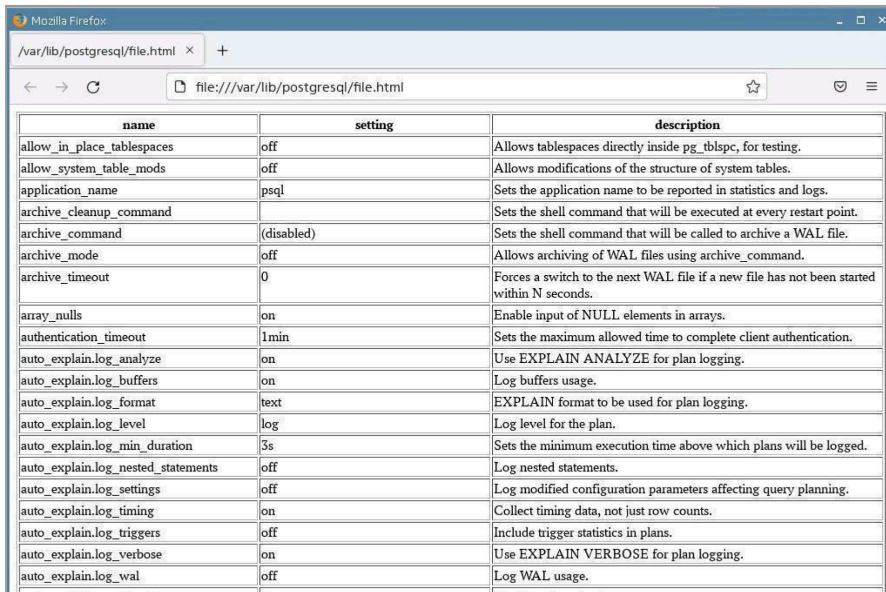
```
postgres=# \! xdg-open file.html
```

22) Подождите, пока не запустится окно браузера. Закройте `psql`:

```
postgres=# \q
```

23) Закройте окно терминала:

```
astra@tantor:~$ <CTRL+d>
```



name	setting	description
allow_in_place_tablespaces	off	Allows tablespaces directly inside pg_tblspc, for testing.
allow_system_table_mods	off	Allows modifications of the structure of system tables.
application_name	psql	Sets the application name to be reported in statistics and logs.
archive_cleanup_command		Sets the shell command that will be executed at every restart point.
archive_command	(disabled)	Sets the shell command that will be called to archive a WAL file.
archive_mode	off	Allows archiving of WAL files using archive_command.
archive_timeout	0	Forces a switch to the next WAL file if a new file has not been started within N seconds.
array_nulls	on	Enable input of NULL elements in arrays.
authentication_timeout	1min	Sets the maximum allowed time to complete client authentication.
auto_explain.log_analyze	on	Use EXPLAIN ANALYZE for plan logging.
auto_explain.log_buffers	on	Log buffers usage.
auto_explain.log_format	text	EXPLAIN format to be used for plan logging.
auto_explain.log_level	log	Log level for the plan.
auto_explain.log_min_duration	3s	Sets the minimum execution time above which plans will be logged.
auto_explain.log_nested_statements	off	Log nested statements.
auto_explain.log_settings	off	Log modified configuration parameters affecting query planning.
auto_explain.log_timing	on	Collect timing data, not just row counts.
auto_explain.log_triggers	off	Include trigger statistics in plans.
auto_explain.log_verbose	on	Use EXPLAIN VERBOSE for plan logging.
auto_explain.log_wal	off	Log WAL usage.

24) Закройте окно браузера и вернитесь в окно `psql`. Посмотрим, какие ещё есть форматы вывода. Наберите в `psql`:

```
 postgres=# \pset format aaa
\pset: allowed formats are aligned, asciidoc, csv, html, latex,
latex-longtable, troff-ms, unaligned, wrapped
```

25) Выберите формат `aligned`, он используется по умолчанию:

```
postgres=# \pset format aligned
Output format is aligned.
```

26) Выполните команду:

```
postgres=# show all;
```

В конце экрана высветится двоеточие. Нажмите на клавиатуре клавиши **z z b q** и посмотрите эффект.

`z` - следующая страница, `b` - предыдущая, `q` - завершить вывод и вернуть промпт.

27) Выполните команду:

```
postgres=# \pset format wrapped
Output format is wrapped.
```

28) Выполните команду:

```
postgres=# show all;
```

Нажмите на клавиатуре клавиши `z z b h`. Прочтите описание доступных клавиш. Закрепите навыки проматывания результата.

29) Сравните отличия. Возможно, формат `wrapped` (перенос по словам) будет удобнее `aligned`.

30) Проверим, как можно, не выходя из `psql`, выполнять команды операционной системы. Команда Линукс "`pwd`" показывает текущую директорию.

Выполните команду "`pwd`" или "`ls`" (выдаёт список файлов) без выхода из `psql`:

```
postgres=# \! pwd
/var/lib/postgresql
```

31) Установите цветной промпт, который будет высвечивать номер (pid) серверного процесса серым цветом:

```
\set PROMPT1 '%[%033[0;90m%][%p]%[%033[0m%]
%[%033[0;31m%]%n%[%033[0m%]@%[%033[0;34m%]%m%[%033[0m%]:%[%033[0;32m%]%>%[%033[0m%]
%[%033[0;36m%]%~%[%033[0m%]_%[%033[0;33m%]%[%033[5m%]%x%[%033[0m%]%[%033[0m%]%R%# '
\set PROMPT2 '%[%033[0;90m%][%l]%[%033[0m%]
%[%033[0;31m%]%n%[%033[0m%]@%[%033[0;34m%]%m%[%033[0m%]:%[%033[0;32m%]%>%[%033[0m%]
%[%033[0;36m%]%~%[%033[0m%]_%[%033[0;33m%]%[%033[5m%]%x%[%033[0m%]%[%033[0m%]%R%# '
```

Статус транзакции отображается мигающими символами * и ! привлекая внимание.

```
[22358] postgres@[local]:5432 ~ =#
[22358] postgres@[local]:5432 ~ =# BEGIN;
BEGIN
[22358] postgres@[local]:5432 ~ *=# err;
ERROR:  syntax error at or near "err"
LINE 1: err;
        ^
[22358] postgres@[local]:5432 ~ !=# COMMIT;
ROLLBACK
[22358] postgres@[local]:5432 ~ =# \! ps -ef | grep 22358
postgres 22358   501  0 20:46 ?        00:00:00 postgres: postgres postgres [local] idle
postgres 24883 22357  0 20:53 pts/0    00:00:00 sh -c ps -ef | grep 22358
postgres 24885 24883  0 20:53 pts/0    00:00:00 grep 22358
[22358] postgres@[local]:5432 ~ =#
```

Справка, что означают символы, если захотите создать свой промпт:

`%p` номер серверного процесса

`%n` роль. (может изменяться во время сессии командой `SET SESSION AUTHORIZATION;`)

`%m` имя хоста или `[local]`, если соединение осуществляется через Unix-сокет

`%>` номер порта экземпляра

`%/` имя базы данных

`%~` имя базы данных. Если это база данных по умолчанию, то вместо имени отображается ~

`%#` для суперпользователя - символ #, для остальных ролей - символ >%l номер строки в буфере ввода.

`%R` для `PROMPT1` отображает = , если сессия находится в неактивной ветви условного блока @ в режиме однострочного ввода ^ , если сессия отключена от базы данных - !

для `PROMPT2` если команда не завершена –

если есть незакрытый комментарий *

если есть незакрытая кавычка, то '

если есть незавершенная двойная кавычка, то "

если есть начатая, но незавершенная `$строка$` (обычно при наборе текста функций), то `$`

если есть левая скобка, а правая скобка не введена, то `(`

Символы, которые отображает `PROMPT2` **важны** тем, что, забыв набрать закрывающий апостроф, нажатие клавиши `<ENTER>` или `;` или `\r`, никакой реакции не будет, пока не наберёте апостроф:

```
postgres@postgres =#
postgres@postgres =# SELECT 1 from pg_se
pg_seclabel   pg_seclabels  pg_sequence   pg_sequences  pg_settings
postgres@postgres =# SELECT 1 from pg_settings WHERE name = 'ЗабылиЗакрытьАпострофом ;
postgres@postgres '# что ни набирай
postgres@postgres '# \r
postgres@postgres '# ;
postgres@postgres '# ничего не поможет пока не наберете апостроф '
postgres@postgres -# ;
 ?column?
----------
(0 rows)

postgres@postgres =#
```

Если нужно отобразить роль и базу:

```
\set PROMPT1 '%[%033[0;31m%]%n%[%033[0m%]@%[%033[0;36m%]%/%[%033[0m%]
%[%033[0;33m%]%[%033[5m%]%x%[%033[0m%]%[%033[0m%]%R%# '
\set PROMPT2 '%[%033[0;31m%]%n%[%033[0m%]@%[%033[0;36m%]%/%[%033[0m%]
%[%033[0;33m%]%[%033[5m%]%x%[%033[0m%]%[%033[0m%]%R%# '
```

32) Посмотрите, как выводится результат запроса:

```
postgres@postgres =# select usename, usesysid, usesuper from pg_user;
 usename  | usesysid | usesuper
----------+----------+----------
 postgres |       10 | t
(1 row)
```

33) Установите стиль отрисовки линий символами `unicode`:

```
postgres@postgres =# \pset linestyle unicode
Line style is unicode.
```

Повторим запрос (нажмите два раза на клавиатуре стрелку вверх и клавишу <ENTER>)

```
postgres@postgres =# select usename, usesysid, usesuper from pg_user;
 usename  │ usesysid │ usesuper
──────────┼──────────┼──────────
 postgres │       10 │ t
(1 row)
```

34) Поменяйте стиль отображения границ:

```
postgres@postgres =# \pset border 0
Border style is 0.
```

35) Повторите запрос:

```
postgres@postgres =# select usename, usesysid, usesuper from pg_user;
usename  usesysid usesuper
──────── ──────── ────────
postgres       10 t
(1 row)
```

Отображение стало более компактным.

36) Поменяйте стиль отображения границ:

```
postgres@postgres =# \pset border 2
Border style is 2.
postgres@postgres =# select usename, usesysid, usesuper from pg_user;
```

usename	usesysid	usesuper
postgres	10	t

```
(1 row)
```

Вы можете выбрать наиболее удобный для себя стиль вывода результатов выборки. Чтобы сделать его постоянным, можно отредактировать файл `~/.psqlrc` , добавив в этот файл команды, которые были приведены.

Часть 10. Восстановление сохраненного кластера

В пункте 4 части 2 мы сохранили прежний кластер перед созданием нового кластера. Вернём кластер на место. Убедитесь, что терминал открыт под пользователем postgres.

1) Остановите экземпляр:

```
postgres@tantor:~$ pg_ctl stop
```

2) Выполните команды:

```
postgres@tantor:~$ mkdir $PGDATA/../data.afterLAB1
mv $PGDATA/* $PGDATA/../data.afterLAB1
mv $PGDATA/../data.SAVE/* $PGDATA
```

3) Запустите экземпляр:

```
postgres@tantor:~$ sudo systemctl start tantor-se-server-18
```

4) Проверьте работоспособность экземпляра:

```
postgres@tantor:~$ psql -c "select datname from pg_database;"
  datname
-----------
 postgres
 template1
 template0
(3 rows)
```

Глава 2a. Архитектура

Часть 1. Транзакция в psql

1) Создадим таблицу:

```
postgres=# create table a(id integer);
CREATE TABLE
```

4) Посмотрим, что получилось:

```
postgres=# \dt a
          List of tables
 Schema | Name | Type  |  Owner
--------+------+-------+----------
 public | a    | table | postgres
```

5) Откройте транзакцию:

```
postgres=# begin;
BEGIN
```

6) Вставьте первую строчку. Обратите внимание, что с помощью табуляции можно дописывать ключевые слова и даже сложные конструкции.

```
postgres=*# insert into a values (1);
INSERT 0 1
```

Обратите внимание на появление звездочки в строке - это означает, что идет транзакция.

7) Попробуем во втором терминале увидеть первую строчку таблицы. Откроем второй терминал и в нём запустите psql:

```
astra@tantor:~$ psql
psql (18.3)
Type "help" for help.

postgres=#
```

9) Обратитесь к таблице:

```
postgres=# select * from a;
 id
----
(0 строк)
```

Пока мы не видим первой строчки. Видны только зафиксированные данные. "Грязного чтения" нет.

10) В первом терминале зафиксируем транзакцию.

```
postgres=*# commit;
COMMIT
```

11) Во втором терминале обратимся к таблице еще раз.

```
postgres=# select * from a;
 id
----
  1
(1 строка)
```

Зафиксированные изменения стали видны.

Часть 2. Список фоновых процессов

1) Посмотрим, где находится директория `PGDATA`, где находятся файлы кластера БД.

```
postgres=# show data_directory;
           data_directory
---------------------------------------
 /var/lib/postgresql/tantor-se-18/data
(1 row)
```

2) Выйдите из `psql`:

```
postgres=# \q
```

3) Чтобы посмотреть список процессов воспользуемся утилитой `ps`:

```
astra@tantor:~$
sudo -u postgres cat /var/lib/postgresql/tantor-se-18/data/postmaster.pid
12179
/var/lib/postgresql/tantor-se-18/data
1777122902
5432
/var/run/postgresql
localhost
  1464138        55
ready
```

4) Возьмем номер процесса (pid, process id) postmaster, он в первой строке:

```
astra@tantor:~$ sudo ps -o command --ppid 12179
COMMAND
postgres: logger
postgres: io worker 0
postgres: io worker 1
postgres: io worker 2
postgres: checkpointer
postgres: background writer
postgres: walwriter
postgres: autovacuum launcher
postgres: autoprewarm leader
postgres: logical replication launcher
postgres: postgres postgres [local] idle
```

Цветом показаны фоновые процессы, остальные - серверные, обслуживающие сессии.

Список процессов можно увидеть также через представление `pg_stat_activity`.

5) Выполните в терминале с psql:

```
postgres=# select pid, backend_type, backend_start FROM pg_stat_activity;
  pid  |         backend_type         |         backend_start
-------+------------------------------+-------------------------------
 12200 | client backend               | 2026-04-25 16:16:16.836795+03
 12188 | autovacuum launcher          | 2026-04-25 16:15:02.106041+03
 12190 | logical replication launcher | 2026-04-25 16:15:02.107414+03
 12181 | io worker                    | 2026-04-25 16:15:02.092927+03
 12182 | io worker                    | 2026-04-25 16:15:02.093814+03
 12183 | io worker                    | 2026-04-25 16:15:02.094654+03
 12184 | checkpointer                 | 2026-04-25 16:15:02.09533+03
 12185 | background writer            | 2026-04-25 16:15:02.095476+03
 12187 | walwriter                    | 2026-04-25 16:15:02.104866+03
(8 строк)
```

Часть 3. Буферный кэш, команда `EXPLAIN`

1) Добавим строки в таблицу "a":

```
postgres=# insert into a select id from generate_series(1,10000) AS id;
INSERT 0 10000
```

2) Во втором терминале перезагрузите сервер:

```
astra@tantor:~$ sudo systemctl restart tantor-se-server-18
```

3) В первом терминале сделайте реконнект:

```
postgres=# \c
You are now connected to database "postgres" as user "postgres".
```

Вы подключены к базе данных "postgres" как пользователь "postgres".

4) С помощью команды `EXPLAIN` посмотрите, откуда берется информация:

```
postgres=# explain (analyze) select * from a;
                             QUERY PLAN
------------------------------------------
Seq Scan on a (cost=0.00..145.01 rows=10001 width=4) (actual time=0.035..1.952
rows=10001.1 loops=1)
  Buffers: shared read=45
Planning:
  Buffers: shared hit=16 read=6 dirtied=3
Planning Time: 0.428 ms
Execution Time: 2.948 ms
(6 строк)
```

Обратите внимание на строку `Buffers`. Информация была взята с диска или из страничного кэша операционной системы. После `Planning:` отражаются блоки, которые читались для создания плана выполнения команды.

5) Выполните команду ещё раз:

```
postgres=# explain (analyze) select * from a;
                             QUERY PLAN
-----------------------------------
 Seq Scan on a  (cost=0.00..145.00 rows=10000 width=4) (actual
time=0.016..1.383 rows=10000 loops=1)
   Buffers: shared hit=45
 Planning Time: 0.063 ms
 Execution Time: 2.355 ms
(4 строки)
```

Результат изменился. Теперь блоки читались из буферного кэша.

Часть 4. Журнал предзаписи. Где хранится?

В первом терминале выполните команду:

```
astra@tantor:~$ sudo ls -l /var/lib/postgresql/tantor-se-18/data/pg_wal
total 16392
-rw------- 1 postgres postgres 16777216 Apr 25 16:36 000000010000000000000001
drwx------ 2 postgres postgres     4096 Apr 23 16:02 archive_status
drwx------ 2 postgres postgres     4096 Apr 23 16:02 summaries
```

Файлы журнала предзаписи находятся в директории `pg_wal` сегментами по 16 мегабайт.

Часть 5. Контрольная точка

1) Контрольная точка выполняется периодически, посмотрим во втором терминале, какой интервал установлен.

```
postgres=# show checkpoint_timeout;
checkpoint_timeout
--------------------
5min
(1 raw)
```

2) Контрольную точку можно запустить вручную.

```
postgres=# checkpoint;
CHECKPOINT
```

Часть 6. Восстановление после сбоя

1) Добавим во втором терминале новые строчки:

```
postgres=# insert into a select id from generate_series(1,10000) AS id;
INSERT 0 10000
```

2) Принудительно остановите экземпляр. Определим PID процесса postmaster:

```
astra@tantor:~$ sudo cat /var/lib/postgresql/tantor-se-18/data/postmaster.pid
12563
/var/lib/postgresql/tantor-se-18/data
1713849023
5432
/var/run/postgresql
*
  1048641         24
ready
astra@tantor:~$ sudo kill -SIGQUIT 12563
```

3) Запустим экземпляр сервера.

```
astra@tantor:~$ sudo systemctl start tantor-se-server-18
```

Идет восстановление.

4) Во втором окне посмотрим, сохранились ли вставленные строки.

```
postgres=# \c
```

Вы подключены к базе данных "postgres" как пользователь "postgres".

```
postgres=# select count(*) from a;
count
-------
 20001
(1 строка)
```

5) Удалим таблицу:

```
postgres=# drop table a;
DROP TABLE

postgres=# \dt
```

Таблиц нет.

Глава 2b. Многоверсионность

Часть 1. Вставка, обновление и удаление строки

1) Запустите psql:

```
astra@tantor:~$ psql

postgres=#
```

2) Создадим произвольную таблицу:

```
postgres=# create table a(id integer);
CREATE TABLE
```

3) Посмотрим, что получилось:

```
postgres=# \dt a
          List of tables
 Schema | Name | Type  |  Owner
--------+------+-------+----------
 public | a    | table | postgres
```

4) Вставим первую строку в таблицу:

```
postgres=# insert into a values(100);
INSERT 0 1
```

5) Посмотрим, какой номер транзакции xmin:

```
postgres=# select xmin, xmax, * from a;

 xmin | xmax | id
------+------+-----
 777 |    0 | 100
(1 строка)
```

Получился 777 - это номер транзакции, в которой была создана первая версия строки.

6) Начнем транзакцию:

```
postgres=# begin;
BEGIN
```

7) Обновим первую строчку.

```
postgres=*# update a set id = 200;
UPDATE 1
```

8) Посмотрим в той же транзакции, что получилось:

```
postgres=*# select xmin, xmax, * from a;

 xmin | xmax | id
------+------+-----
  779 |    0 | 200
(1 строка)
```

9) Убедились в том, что транзакция видит свои изменения.

Как вы думаете, что будет если обратиться в другой сессии, id будет равно 100 или 200?

10) Запустите psql:

```
astra@tantor:~$ psql
```

```
postgres=# select xmin, xmax, * from a;

 xmin | xmax | id
------+------+-----
  777 |  779 | 100
(1 строка)
```

Обратите внимание, что xmax изменился - это значит, что уже существует вторая версия строки, но она еще не зафиксирована.

11) В первом терминале фиксируем транзакцию:

```
postgres=*# commit;
COMMIT
```

12) Во втором терминале теперь видим вторую строку:

```
postgres=# select xmin, xmax, * from a;

 xmin | xmax | id
------+------+-----
  779 |    0 | 200
(1 строка)
```

13) Теперь посмотрим, как выглядит удаление. Откроем транзакцию в первом терминале:

```
postgres=# begin;
BEGIN
```

14) Удаляем строку:

```
postgres=*# delete from a;
DELETE 1
postgres=*# select xmin, xmax, * from a;

 xmin | xmax | id
------+------+----
(0 rows)
```

Первая транзакция не видит строчку, строка удаляется, но удаление пока не зафиксировано.

15) Во втором терминале:

```
postgres=# select xmin, xmax, * from a;

 xmin | xmax | id
------+------+-----
  779 |  781 | 200
(1 строка)
```

Строка еще видна, но xmax опять изменился.

16) В первом терминале фиксируем транзакцию:

```
postgres=*# commit;
COMMIT
```

17) Во втором терминале теперь видим, что строка удалена:

```
postgres=# select xmin, xmax, * from a;

 xmin | xmax | id
------+------+----
```

```
(0 rows)
```

Часть 2. Видимость версии строки на различных уровнях изоляции транзакций

1) Откроем первую транзакцию и вставим строку:

```
postgres=# begin;
BEGIN
```

2) Посмотрим уровень изоляции:

```
postgres=*# show transaction_isolation;
transaction_isolation
-----------------------
read committed
(1 строка)

postgres=*# insert into a values(100);
INSERT 0 1

postgres=*# select xmin, xmax, * from a;

 xmin | xmax | id
------+------+-----
 1571 |    0 | 100
(1 строка)
```

3) Начнем вторую транзакцию во втором терминале и обратимся к таблице:

```
postgres=# begin;
BEGIN

postgres=*# select xmin, xmax, * from a;
 xmin | xmax | id
------+------+----
(0 строк)
```

4) Посмотрим уровень изоляции:

```
postgres=*# SHOW transaction_isolation;

transaction_isolation
-----------------------
read committed
(1 row)
```

5) Пока новая строка не видна. Зафиксируем первую транзакцию:

```
postgres=*# commit;

COMMIT
```

6) Во втором окне повторно обратимся к таблице. Что увидим?

```
postgres=*# select xmin, xmax, * from a;
 xmin | xmax | id
------+------+-----
 1571 |    0 | 100
(1 строка)
```

7) Зафиксируем вторую транзакцию:

```
postgres=*# commit;
COMMIT
```

Изменения стали видны. Это и есть аномалия неповторяющегося чтения.

Теперь в первом окне начнем транзакцию на уровне repeatable read.

8) Вставим еще одну строку:

```
postgres=# BEGIN ISOLATION LEVEL REPEATABLE READ;
BEGIN

postgres=*# insert into a values (200);
INSERT 0 1

postgres=*# select xmin, xmax, * from a;
 xmin | xmax | id
------+------+-----
 1571 |    0 | 100
 1572 |    0 | 200
(2 строки)
```

9) Во второй транзакции обратимся к таблице в новой транзакции на том же уровне.

```
postgres=# BEGIN ISOLATION LEVEL REPEATABLE READ;
BEGIN

postgres=*# select xmin, xmax, * from a;
xmin | xmax | id
------+------+-----
 1571 |    0 | 100
(1 строка)
```

10) Теперь фиксируем первую транзакцию:

```
postgres=*# commit;
COMMIT
```

11) Обратимся ко второй транзакции еще раз:

```
postgres=*# select xmin, xmax, * from a;
xmin | xmax | id
-----+------+-----
1571 |    0 | 100
(1 строка)
```

Изменения не видны. На этом уровне операторы транзакции работают только с одним снимком данных.

12) Зафиксируем вторую транзакцию:

```
postgres=*# commit;
COMMIT
```

Часть 3. Состояние транзакции по CLOG

1) Откроем первую транзакцию и посмотрим после вставки состояние:

```
postgres=# begin;
BEGIN

postgres=*# INSERT INTO a VALUES(300);
INSERT 0 1

postgres=*# Select xmin, xmax, * from a;
 xmin | xmax | id
------+------+-----
 1571 |    0 | 100
 1572 |    0 | 200
 1573 |    0 | 300
(3 строки)
```

2) Видим вставку третьей строки. Посмотрим статус транзакции:

```
postgres=*# SELECT pg_xact_status('1573');
pg_xact_status
----------------
in progress
(1 строка)
```

3) Зафиксируем транзакцию и посмотрим статус:

```
postgres=*# commit;
COMMIT

postgres=# SELECT pg_xact_status('1573');
 pg_xact_status
----------------
 committed
(1 строка)
```

4) Теперь посмотрим, как поведет себя `CLOG` при откате транзакции:

```
postgres=# begin;
BEGIN

postgres=*# INSERT INTO a VALUES(400);
INSERT 0 1

postgres=*# select xmin, xmax, * from a;
 xmin | xmax | id
------+------+-----
 1571 |    0 | 100
 1572 |    0 | 200
 1573 |    0 | 300
 1574 |    0 | 400
(4 строки)

postgres=*# SELECT pg_xact_status('1574');
pg_xact_status
----------------
in progress
(1 строка)

postgres=*# ROLLBACK;
ROLLBACK

postgres=# SELECT pg_xact_status('1574');
pg_xact_status
----------------
aborted
(1 строка)


postgres=*# Select xmin, xmax, * from a;
 xmin | xmax | id
------+------+-----
 1571 |    0 | 100
 1572 |    0 | 200
 1573 |    0 | 300
(3 строки)
```

Часть 4. Блокировки таблицы

1) В первой транзакции вставим новую строку и посмотрим блокировки с помощью

pg_locks, для этого нам нужен pid обслуживающего процесса:

```
postgres=# SELECT pg_backend_pid();
pg_backend_pid
----------------
          12193
(1 строка)
```

2) Откроем транзакцию и обратимся к таблице:

```
postgres=# begin;
BEGIN

postgres=*# UPDATE a SET id = id + 1;
UPDATE 3

postgres=*# SELECT locktype, transactionid, mode, relation::regclass as obj FROM
pg_locks where pid = 12193;

  locktype     | transactionid |       mode       |   obj
---------------+---------------+------------------+----------
 relation      |               | AccessShareLock  | pg_locks
 relation      |               | RowExclusiveLock | a
 virtualxid    |               | ExclusiveLock    |
 transactionid |          1577 | ExclusiveLock    |
(4 строки)
```

Появилась блокировка на уровне таблицы RowExclusiveLock - накладывается в случае обновления строк.

3) Во втором окне построим индекс по таблице, предварительно посмотрим pid процесса.

```
postgres=# SELECT pg_backend_pid();
pg_backend_pid
----------------
          17210
(1 строка)

postgres=# CREATE INDEX ON a (id);
```

4) Транзакция подвисла. В первом терминале посмотрим, что происходит во втором процессе.

```
postgres=*# SELECT locktype, transactionid, mode, relation::regclass as obj FROM
pg_locks where pid = 17210;
 locktype   | transactionid |     mode      | obj
------------+---------------+---------------+-----
 virtualxid |               | ExclusiveLock |
 relation   |               | ShareLock     | a
(2 строки)
```

Появилась блокировка ShareLock, она не совместима с RowExclusiveLock, возникла блокировочная ситуация.

5) Зафиксируем первую транзакцию:

```
postgres=*# commit;
COMMIT
```

6) Тут же срабатывает команда во втором окне:

```
CREATE INDEX
```

Часть 5. Блокировка строки

1) Начнем первую транзакцию:

```
postgres=# begin;
BEGIN

postgres=*# UPDATE a SET id = id + 1 WHERE id=101;
UPDATE 1
```

2) Начнем вторую транзакцию:

```
postgres=# begin;
BEGIN
postgres=*# UPDATE a SET id = id + 1 WHERE id=101;
```

Транзакция подвисла, сработала блокировка.

3) Зафиксируем первую транзакцию:

```
postgres=*# commit;
COMMIT
```

Тут же срабатывает вторая.

```
UPDATE 0
postgres=*# commit;
COMMIT
```

Обратите внимание, что обновление не произошло, теперь такой версии строки нет для обновления.

4) В первом терминале обратимся к таблице:

```
postgres=# Select xmin, xmax, * from a;

xmin | xmax | id
------+------+-----
 1577 |    0 | 201
 1577 |    0 | 301
 1579 | 1580 | 102
(3 строки)
```

5) Удалим таблицу:

```
postgres=# DROP TABLE a;
DROP TABLE
```

Глава 2c. Регламентные работы

Часть 1. Обычная очистка таблицы

1) Запустите `psql`:

```
astra@tantor:~$ psql
psql (18.3)
Введите "help", чтобы получить справку.
postgres=#
```

2) Создадим произвольную таблицу:

```
postgres=# CREATE TABLE a (id integer primary key generated always as identity, t char(2000)) WITH (autovacuum_enabled = off);
CREATE TABLE

postgres=# INSERT INTO a(t) SELECT to_char(generate_series(1,10000),'9999');
INSERT 0 10000
```

3) Посмотрим, что получилось:

```
postgres=# \d a
                            Table "public.a"
Column |       Type        | Collation | Nullable |             Default
--------+-----------------+-----------+----------+------------------------------
-
id     | integer          |           | not null | generated always as identity
t      | character(2000)  |           |          |
Indexes:
   "a_pkey" PRIMARY KEY, btree (id)
```

Обратите внимание: создан первичный ключ и индекс.

4) Узнаем размер таблицы и индекса в байтах:

```
postgres=# SELECT pg_table_size('a');
pg_table_size
---------------
     20512768
(1 строка)


postgres=# SELECT pg_table_size('a_pkey');
pg_table_size
---------------
       245760
(1 строка)
```

5) Обновим 50% строк:

```
postgres=# UPDATE a set t= t || 'a' where id > 5000;
UPDATE 5000
```

6) Посмотрим размеры объектов:

```
postgres=# SELECT pg_table_size('a');
pg_table_size
---------------
     30752768
(1 строка)
```

```
postgres=# SELECT pg_table_size('a_pkey');

pg_table_size
---------------
        360448
(1 строка)
```

7) Они также увеличились. Очистим таблицу и индекс:

```
postgres=# VACUUM a;
VACUUM

postgres=# SELECT pg_table_size('a'); SELECT pg_table_size('a_pkey');
pg_table_size
---------------
      30760960
(1 строка)

pg_table_size
---------------
        360448
(1 строка)
```

8) Размер остался таким же. Еще раз обновим строки:

```
postgres=# UPDATE a set t= t || 'a' where id > 5000;
UPDATE 5000

postgres=# SELECT pg_table_size('a'); SELECT pg_table_size('a_pkey');
pg_table_size
---------------
      30760960
(1 строка)


pg_table_size
---------------
        360448
(1 строка)
```

Опять размер не изменился. Произошло это потому, что было использовано очищенное пространство.

9) К примеру предположим, что пропущен цикл очистки:

```
postgres=# UPDATE a set t= t || 'a' where id > 5000;
UPDATE 5000

postgres=# UPDATE a set t= t || 'a' where id > 5000;
UPDATE 5000

postgres=# SELECT pg_table_size('a');
SELECT pg_table_size('a_pkey');
pg_table_size
---------------
      51249152
(1 строка)

pg_table_size
---------------
        466944
```

```
(1 строка)
```

10) Размер объектов опять вырос:

```
postgres=# VACUUM a;
VACUUM

postgres=# SELECT pg_table_size('a'); SELECT pg_table_size('a_pkey');
pg_table_size
---------------
     51249152
(1 строка)


pg_table_size
---------------
       466944
(1 строка)
```

Даже после очистки размер не уменьшается.

Часть 2. Анализ таблицы

1) Так как произошло несколько циклов обновлений, посмотрим насколько актуальна осталась статистика. Сначала обратимся к системному каталогу:

```
postgres=# SELECT reltuples FROM pg_class WHERE relname='a';
reltuples
-----------
     8333
(1 строка)
```

Получили, что в таблице у нас содержится 8333 строки.

2) Теперь обратимся к таблице:

```
postgres=# SELECT count(*) FROM a;
count
-------
10000
(1 строка)
```

3) Оказалось, что строк больше. Статистика всегда приблизительна. Вызовем вторую фазу анализа:

```
postgres=# ANALYZE a;
ANALYZE
```

4) Теперь статистика стала более точной:

```
postgres=# SELECT reltuples FROM pg_class WHERE relname='a';

 reltuples
-----------
     10000
(1 строка)
```

Часть 3. Перестройка индекса

1) Посмотрим, какой размер объектов:

```
postgres=# SELECT pg_table_size('a'); SELECT pg_table_size('a_pkey');
pg_table_size
---------------
      51249152
(1 строка)


pg_table_size
---------------
        466944
(1 строка)
```

2) Сейчас в таблице а один только индекс. Перестроим его:

```
postgres=# REINDEX TABLE a;
REINDEX

postgres=# SELECT pg_table_size('a'); SELECT pg_table_size('a_pkey');
pg_table_size
---------------
      51249152
(1 строка)


pg_table_size
---------------
        245760
(1 строка)
```

3) Размер индекса уменьшился, размер таблицы остался неизменным.

Часть 4. Полная очистка

```
postgres=# VACUUM FULL a;
VACUUM
```

1) Посмотрим размер объектов:

```
postgres=# SELECT pg_table_size('a');
SELECT pg_table_size('a_pkey');

pg_table_size
---------------
      20488192
(1 строка)

pg_table_size
---------------
        245760
(1 строка)
```

Размер таблицы уменьшился.

2) Удалим таблицу:

```
postgres=# DROP TABLE a;
DROP TABLE
```

Задание выполнено.

Часть 5. Расширение HypoPG

1) Установите расширение hypopg:

```
postgres=# CREATE EXTENSION hypopg;
CREATE EXTENSION
```

2) Создайте таблицу с тестовыми данными:

```
postgres=# CREATE TABLE hypo AS SELECT id, 'line ' || id AS val FROM
generate_series(1,10000) id;
SELECT 10000
```

3) План выполнения выборки одной строки - последовательное сканирование (Seq Scan). Индексных методов доступа нет, так как нет индексов:

```
postgres=# EXPLAIN SELECT * FROM hypo WHERE id = 1;
                       QUERY PLAN
------------------------------------------
 Seq Scan on hypo  (cost=0.00..165.60 rows=41 width=36)
   Filter: (id = 1)
(2 строки)
```

Почему ожидаемое количество строк 41, а не 1? Нет статистики.

4) Соберите статистику:

```
postgres=# vacuum analyze hypo;
VACUUM
postgres=# EXPLAIN SELECT * FROM hypo WHERE id = 1;
                      QUERY PLAN
------------------------------------------
 Seq Scan on hypo  (cost=0.00..180.00 rows=1 width=13)
   Filter: (id = 1)
(2 строки)
```

Ожидаемое количество строк 1.

Дана задача оптимизировать выполнение этого запроса. Предполагаем, что индекс по столбцу id ускорит выполнение запроса. Нужно убедиться, что планировщик будет использовать индекс. Если планировщик не будет использовать индекс, то предположение неверно и индекс создавать не нужно. Создание индекса трудоемко и долго, он занимает место. Перед созданием индекса мы хотим проверить гипотезу о том, что планировщик его будет использовать при выполнении оптимизируемого запроса.

5) Для проверки гипотезы создайте гипотетический индекс:

```
postgres=# SELECT * FROM hypopg_create_index('CREATE INDEX hypo_idx ON hypo
(id)');
 indexrelid |      indexname
------------+----------------------
      13495 | <13495>btree_hypo_id
(1 строка)
```

Имя гипотетического индекса генерируется автоматически, это нормально.

Реальный индекс не создаётся, команда выполняется моментально.

6) Посмотрите список гипотетических индексов:

```
postgres=# SELECT * FROM hypopg_list_indexes;

 indexrelid |      index_name       | schema_name | table_name | am_name
------------+-----------------------+-------------+------------+---------
      13495 | <13495>btree_hypo_id | public      | hypo       | btree
(1 строка)
```

Какой план выполнения сейчас?

7) Выполните команду:

```
postgres=# EXPLAIN SELECT * FROM hypo WHERE id = 1;
                            QUERY PLAN
---------------------------------
 Index Scan using "<13495>btree_hypo_id" on hypo  (cost=0.04..8.05 rows=1
width=13)
   Index Cond: (id = 1)
(2 строки)
```

План показывает, что индекс будет использоваться.

Реального индекса нет, поэтому план реального выполнения использует сканирование таблицы:

```
postgres=# EXPLAIN (analyze) SELECT * FROM hypo WHERE id = 1;
                             QUERY PLAN
-----------------------------------
 Seq Scan on hypo  (cost=0.00..180.00 rows=1 width=13) (actual
time=0.025..0.875 rows=1 loops=1)
   Filter: (id = 1)
   Rows Removed by Filter: 9999
 Planning Time: 0.077 ms
 Execution Time: 1.074 ms
(5 строк)
```

8) Создайте реальный индекс:

```
postgres=# CREATE UNIQUE INDEX hypo_id ON hypo(id);
CREATE INDEX
```

План выполнения остался прежним:

```
postgres=# EXPLAIN SELECT * FROM hypo WHERE id = 1;
                    QUERY PLAN
-----------------------------------------------
 Index Scan using "<13495>btree_hypo_id" on hypo  (cost=0.04..8.05 rows=1
width=13)
   Index Cond: (id = 1)
(2 строки)
```

9) Уберите побочные эффекты:

```
postgres=# SELECT hypopg_reset();
 hypopg_reset
--------------

(1 строка)
```

Планировщик стал использовать созданный индекс:

```
postgres=# EXPLAIN SELECT * FROM hypo WHERE id = 1;
                            QUERY PLAN
--------------------------------------------
 Index Scan using hypo_id on hypo  (cost=0.29..8.30 rows=1 width=13)
   Index Cond: (id = 1)
(2 строки)
```

Расширение позволяет скрывать от планировщика реальные индексы:

```
postgres=# SELECT hypopg_hide_index('hypo_id'::regclass);
 hypopg_hide_index
-------------------
 t
(1 строка)
```

Скрытие действует только в пределах сессии и на работу других сессий не оказывает влияние.

Гипотетические индексы также существуют только в рамках сессии.

Гипотетические индексы при этом исчезают:

```
postgres=# SELECT * FROM hypopg_list_indexes;
 indexrelid | index_name | schema_name | table_name | am_name
------------+------------+------------- +------------+---------
(0 строк)
```

План выполнения будет использовать последовательное сканирование:

```
postgres=# EXPLAIN SELECT * FROM hypo WHERE id = 1;
                      QUERY PLAN
-------------------------------------------------------
 Seq Scan on hypo  (cost=0.00..180.00 rows=1 width=13)
   Filter: (id = 1)
(2 строки)
```

Есть представление со списком скрытых в данной сессии индексов:

```
postgres=# SELECT * FROM hypopg_hidden_indexes;
 indexrelid | index_name | schema_name | table_name | am_name | is_hypo
------------+------------+------------- +------------+---------+---------
      17402 | hypo_id    | public      | hypo       | btree   | f
(1 строка)
```

10) Убедитесь, что скрытие индексов и гипотетические индексы существуют только в рамках сессии:

```
postgres=# SELECT * FROM hypopg_create_index('CREATE INDEX hypo_idx ON hypo
(id)');
 indexrelid |       indexname
------------+----------------------
      13495 | <13495>btree_hypo_id
(1 строка)

postgres=# SELECT * FROM hypopg_list_indexes;
 indexrelid |      index_name      | schema_name | table_name | am_name
------------+---------------------- +-------------+------------+---------
      13495 | <13495>btree_hypo_id | public      | hypo       | btree
(1 строка)

postgres=# \q
```

```
postgres@tantor:~$ psql
psql (18.3)
```

11) Введите "help", чтобы получить справку:

```
postgres=# SELECT * FROM hypopg_list_indexes;
 indexrelid | index_name | schema_name | table_name | am_name
------------+------------+------------ +------------+---------
(0 строк)

postgres=# SELECT * FROM hypopg_hidden_indexes;
 indexrelid | index_name | schema_name | table_name | am_name | is_hypo
------------+------------+------------ +------------+---------+---------
(0 строк)
```

Глава 2d. Выполнение запросов

Часть 1. Создание объектов для запросов

1) Запустите psql:

```
astra@tantor:~$ psql
```

2) Создадим таблицу и представление:

```
postgres=# CREATE TABLE test (col1 integer, col2 integer, name text);
INSERT INTO test VALUES (1,2,'test1');
INSERT INTO test VALUES (3,4,'test2');
CREATE VIEW v_table AS SELECT * FROM test;
SELECT col1, col2 FROM v_table WHERE name='test1'::text ;
CREATE TABLE
INSERT 0 1
INSERT 0 1
CREATE VIEW
postgres=#
 col1 | col2
------+------
    1 |    2
(1 строка)
```

Часть 2. Последовательное чтение блоков таблицы (Seq Scan)

1) С помощью команды Explain посмотрим план выполнения запроса:

```
postgres=# EXPLAIN SELECT col1, col2 FROM v_table WHERE name='test1'::text ;
                        QUERY PLAN
-----------------------------------------------------
Seq Scan on test  (cost=0.00..25.00 rows=6 width=8)
  Filter: (name = 'test1'::text)
(2 строки)
```

Видим, что использовалось последовательное чтение таблицы test. То есть представление было раскрыто, данные извлечены непосредственно с таблицы.

2) Применим параметры analyze и buffers. Они показывают, что запрос был выполнен реально, и какое количество страниц было затронуто.

```
postgres=# EXPLAIN(analyze, buffers, costs off, timing off)
SELECT col1, col2 FROM v_table WHERE name='test1'::text ;

                   QUERY PLAN
------------------------------------------
Seq Scan on test (actual rows=1 loops=1)
  Filter: (name = 'test1'::text)
  Rows Removed by Filter: 1
  Buffers: shared read=1
Planning Time: 0.063 ms
Execution Time: 9.569 ms
(6 строк)
```

Часть 3. Возвращение данных по индексу

1) Создадим индекс по столбцу col1:

```
postgres=# CREATE INDEX ON test (col1);
CREATE INDEX

postgres=# \d test
           Таблица "public.test"
 Столбец |   Тип    | Правило сортировки |
---------+---------+--------------------+
 col1    | integer |                    |
 col2    | integer |                    |
 name    | text    |                    |
Индексы:
   "test_col1_idx" btree (col1)
```

2) Можно убедиться, что формирование имени индекса производится автоматически, добавим информации к таблице:

```
postgres=# INSERT INTO test(col1, col2)
     SELECT generate_series(3,1003), generate_series(4,1004);
INSERT 0 1001
```

3) Посмотрим, что получится, если будем выбирать малое количество строк. То есть, случай, когда будет высокая селективность и маленькая кардинальность:

```
postgres=# EXPLAIN(analyze, buffers, costs off, timing off)
SELECT col1, col2 FROM test WHERE col1<20;

                          QUERY PLAN
-------------------------------------
Index Scan using test_col1_idx on test (actual rows=19 loops=1)
   Index Cond: (col1 < 20)
   Buffers: shared hit=3
 Planning:
   Buffers: shared hit=17
 Planning Time: 0.179 ms
 Execution Time: 0.117 ms
(7 строк)
```

Убедились, что используется индексный доступ.

Часть 4. Низкая селективность

Теперь отберем большое количество строк:

```
postgres=# SELECT count(*) FROM test;
count
-------
 1003
(1 строка)

Всего строк 1003

postgres=# EXPLAIN (analyze, buffers, costs off, timing off)
SELECT col1, col2 FROM test WHERE col1>20;
                QUERY PLAN
--------------------------------------------
 Seq Scan on test (actual rows=983 loops=1)
   Filter: (col1 > 20)
   Rows Removed by Filter: 20
   Buffers: shared hit=5
 Planning:
   Buffers: shared hit=3
```

```
 Planning Time: 0.157 ms
 Execution Time: 0.201 ms
(8 строк)
```

Отобрано 983 строки. Что означает низкую селективность и высокую кардинальность.

Убедились, что в этом случае индексный доступ становится дорогим, и PostgreSQL переходит к последовательному доступу.

Часть 5. Использование статистики

К примеру, при заполнении таблицы `test` третий столбец был не заполнен. Давайте посмотрим какой процент будет иметь значение NULL

Пересоберем статистику:

```
postgres=# ANALYZE test;
ANALYZE

postgres=# SELECT stanullfrac  FROM pg_statistic WHERE starelid =
'test'::regclass AND staattnum = 3;
stanullfrac
-------------
  0.9981884
(1 row)
```

Значение NULL в более, чем 99% строк.

Часть 6. Представление pg_stat_statements

1) Установите расширения:

```
postgres=# create extension pg_stat_statements;
create extension pg_store_plans;
\x \dx pg_stat_statements \x
CREATE EXTENSION
CREATE EXTENSION
Expanded display is on.
List of installed extensions
-[ RECORD 1 ]---+-------
Name            | pg_stat_statements
Version         | 1.12
Default version | 1.12
Schema          | public
Description     | track planning and execution statistics of all SQL statements
executed

Expanded display is off.
```

2) Посмотрим, какие столбцы есть в представлении.

```
postgres=# \d pg_stat_statements
 Представление "public.pg_stat_statements"
       Столбец          |        Тип        |
------------------------+-------------------+
 userid                 | oid               |
 dbid                   | oid               |
 toplevel               | boolean           |
 queryid                | bigint            |
 query                  | text              |
 plans                  | bigint            |
```

```
 total_plan_time          | double precision |
 min_plan_time            | double precision |
 max_plan_time            | double precision |
 mean_plan_time           | double precision |
 stddev_plan_time         | double precision |
 calls                    | bigint           |
 total_exec_time          | double precision |
 min_exec_time            | double precision |
 max_exec_time            | double precision |
 mean_exec_time           | double precision |
 stddev_exec_time         | double precision |
 rows                     | bigint           |
 shared_blks_hit          | bigint           |
 shared_blks_read         | bigint           |
 shared_blks_dirtied      | bigint           |
 shared_blks_written      | bigint           |
 local_blks_hit           | bigint           |
 local_blks_read          | bigint           |
 local_blks_dirtied       | bigint           |
 local_blks_written       | bigint           |
 temp_blks_read           | bigint           |
 temp_blks_written        | bigint           |
 blk_read_time            | double precision |
 blk_write_time           | double precision |
 temp_blk_read_time       | double precision |
 temp_blk_write_time      | double precision |
 wal_records              | bigint           |
 wal_fpi                  | bigint           |
 wal_bytes                | numeric          |
...
 stats_since              | timestamp with time zone
 minmax_stats_since       | timestamp with time zone
```

3) Сбросим статистику, которую собирает расширение:

```
postgres=# SELECT pg_stat_statements_reset();
pg_stat_statements_reset
--------------------------

(1 строка)
```

4) Обратимся к таблице `test`:

```
postgres=# EXPLAIN (analyze) SELECT col1, col2 FROM test WHERE col1>20;
                 QUERY PLAN
---------------------------------------
 Seq Scan on test  (cost=0.00..17.54 rows=984 width=8) (actual
time=0.022..0.132 rows=983 loops=1)
   Filter: (col1 > 20)
   Rows Removed by Filter: 20
 Planning Time: 0.190 ms
 Execution Time: 0.234 ms
(5 строк)
```

5) С помощью представления `pg_stat_statements` посмотрим, сколько времени заняло выполнение запроса и сколько страниц было задействовано:

```
postgres=# SELECT queryid, substring(query FOR 100) as query, total_exec_time as
ms, shared_blks_hit as blocks from pg_stat_statements WHERE query LIKE '%col1,
col2%';
```

```
      queryid         |                  query                      |    ms     | blocks
----------------------+ ------------------------------------------ +----------+--------
 -3250261183448805182 | EXPLAIN (analyze)                          +| 0.491265 |     11
                      | SELECT col1, col2 FROM test WHERE col1>$1 |          |
(1 строка)
```

Глава 2е. Расширения

Часть 1. Определение директории с файлами расширения

1) Перейдем под пользователя `postgres`:

```
astra@tantor:~$ sudo su - postgres
```

2) В командной строке воспользуемся утилитой `pg_config`:

```
postgres@education:~$ pg_config --sharedir

/opt/tantor/db/18/share/postgresql
```

3) Добавим к получившемуся пути `extension`:

```
postgres@education:~$ ls -l /opt/tantor/db/18/share/postgresql/extension/
...
-rw-r--r-- 1 root root  31171 vector--0.8.0.sql
-rw-r--r-- 1 root root    145 vector.control
-rw-r--r-- 1 root root    944 xml2--1.0--1.1.sql
-rw-r--r-- 1 root root   2049 xml2--1.1.sql
-rw-r--r-- 1 root root    182 xml2.control
```

4) Запустите `psql`:

```
postgres@tantor:~$ psql
psql (18.3)
Введите "help", чтобы получить справку.

postgres=#
```

5) Определим путь расширения с помощью функции `pg_config()`:

```
postgres=# SELECT setting FROM pg_config() where name = 'SHAREDIR';

             setting
------------------------------------
/opt/tantor/db/18/share/postgresql
(1 row)
```

Часть 2. Просмотр установленных расширений

```
postgres=# \dx
                  List of installed extensions
        Name        | Version | Default ver|   Schema   | Description
--------------------+---------+------------+------------+
 hypopg             | 1.4.2   | 1.4.2      | public     | Hypothetical indexes for PostgreSQL
 pg_stat_statements | 1.12    | 1.12       | public     | track planning and execution statistics
of all SQL statements executed
 pg_store_plans     | 1.10.1  | 1.10.1     | public     | track plan statistics of all SQL
statements executed
 plpgsql            | 1.0     | 1.0        | pg_catalog | PL/pgSQL procedural language
(4 rows)
```

Часть 3. Просмотр доступных расширений

Воспользуемся расширением `pg_available_extensions`:

```
postgres=# SELECT * from pg_available_extensions;
       name       |default_version|installed_ver| comment
------------------+---------------+-------------+--------
```

```
...
 pg_columnar      | 11.1-12       |               | Hydra Columnar extension
 pgrowlocks       | 1.2           |               | show row-level locking information
 pg_ivm           | 1.13          |               | incremental view maintenance on PostgreSQL
 pg_freespacem    | 1.3           |               | examine the free space map (FSM)
 plperl           | 1.0           |               | PL/Perl procedural language
 pg_store_plans   | 1.10.1        |               | track plan statistics of all SQL statements executed
 pg_buffercache   | 1.6           |               | examine the shared buffer cache
 jsonb_plpython3u | 1.0           |               | transform between jsonb and plpython3u
 pgaudit          | 18.0          |               | provides auditing functionality
 pltcl            | 1.0           |               | PL/Tcl procedural language
 plperlu          | 1.0           |               | PL/PerlU untrusted procedural language
 pg_throttle      | 1.1.0         |               | throttle resources usage
(96 rows)
```

В примере доступно 96 расширений.

Часть 4. Установка и удаление произвольного обновления

1) Например, установим расширение `pg_surgery`:

```
postgres=# CREATE EXTENSION pg_surgery;
CREATE EXTENSION

postgres=# \dx
         List of installed extensions
        Name        | Version | Default ver|   Schema   |  Description
--------------------+---------+------------+------------+---------------
 hypopg             | 1.4.2   | 1.4.2      | public     | Hypothetical indexes for PostgreSQL
 pg_stat_statements | 1.12    | 1.12       | public     | track planning and execution statistics
of all SQL statements executed
 pg_store_plans     | 1.10.1  | 1.10.1     | public     | track plan statistics of all SQL
statements executed
 pg_surgery         | 1.0     | 1.0        | public     | extension to perform surgery on a damaged
relation
 plpgsql            | 1.0     | 1.0        | pg_catalog | PL/pgSQL procedural language
(5 rows)
```

2) Посмотрим содержимое расширения:

```
postgres=# \dx+ pg_surgery
      Объекты в расширении "pg_surgery"
               Описание объекта
---------------------------------------
 функция heap_force_freeze(regclass,tid[])
 функция heap_force_kill(regclass,tid[])
(2 строки)
```

3) Удалим расширение:

```
postgres=# DROP EXTENSION pg_surgery;
DROP EXTENSION
```

Часть 5. Просмотр доступных версий расширений. Обновление до актуальной версии

1) Воспользуемся представлением `pg_available_extension_versions`:

```
postgres=# SELECT name, version FROM pg_available_extension_versions WHERE name =
'pg_stat_kcache';
      name      | version
----------------+---------
 pg_stat_kcache | 2.1.2
 pg_stat_kcache | 2.2.2
 pg_stat_kcache | 2.1.1
 pg_stat_kcache | 2.2.0
 pg_stat_kcache | 2.2.1
 pg_stat_kcache | 2.1.0
 pg_stat_kcache | 2.3.0
```

```
 pg_stat_kcache | 2.2.3
 pg_stat_kcache | 2.1.3
(9 rows)
```

2) Установим версию 2.2.2:

```
postgres=# CREATE EXTENSION pg_stat_kcache VERSION '2.2.2';
ERROR:  required extension "pg_stat_statements" is not installed
HINT:  Use CREATE EXTENSION ... CASCADE to install required extensions too.
postgres=# CREATE EXTENSION pg_stat_kcache VERSION '2.2.2' cascade;
NOTICE:  installing required extension "pg_stat_statements"
postgres=# show shared_preload_libraries ;
 shared_preload_libraries
--------------------------
 pg_stat_statements, pg_qualstats, pg_store_plans, pg_prewarm, pg_stat_kcache
(1 row)
```

Результат может отличаться от приведённого. Для загрузки библиотек их нужно указать в параметре конфигурации.

Если библиотеки `pg_stat_statements, pg_stat_kcache` не загружены, то выполните команды в этом пункте. Если загружены, то перейдите к следующему пункту.

```
postgres=#
alter system set shared_preload_libraries = pg_stat_statements, pg_stat_kcache ;
ALTER SYSTEM
```

После запятой пробел обязателен.

Изменение этого параметра требует перезапуск экземпляра. Остановите экземпляр утилитой **pg_ctl** и запустите его заново как службу:

```
postgres=# \q
postgres@tantor:~$ pg_ctl stop
waiting for server to shut down.... done
server stopped
postgres@tantor:~$ sudo systemctl start tantor-se-server-18
postgres@tantor:~$ psql
postgres=# CREATE EXTENSION pg_stat_kcache VERSION '2.2.2' cascade;
NOTICE:  installing required extension "pg_stat_statements"
CREATE EXTENSION
```

3) Проверьте, что расширения `pg_stat_kcache` и `pg_stat_statements` установлены:

```
postgres=# \dx pg_stat*
                      List of installed extensions
        Name        | Version | Schema |  Description
--------------------+---------+--------+-----------------
 pg_stat_kcache     | 2.2.2   | public | Kernel statistics gathering
 pg_stat_statements | 1.12    | public | track planning and execution
statistics
                                         of all SQL statements executed
(2 rows)
```

4) Посмотрим, можно ли расширение **pg_stat_kcache** обновить до версии 2.3.0. Воспользуемся функцией `pg_extension_update_paths`:

```
postgres=# SELECT * FROM pg_extension_update_paths('pg_stat_kcache') where source
= '2.2.2' and target='2.3.0';
 source | target |         path
--------+--------+---------------------
 2.2.2  | 2.3.0  | 2.2.2--2.2.3--2.3.0
(1 row)
```

5) Обновим расширение:

```
postgres=# ALTER EXTENSION pg_stat_kcache UPDATE TO "2.2.3";
ALTER EXTENSION
postgres=# ALTER EXTENSION pg_stat_kcache UPDATE;
ALTER EXTENSION
```

Можно было выполнить только последнюю команду, результат был бы тем же.
6) Удалим расширение:

```
postgres=# DROP EXTENSION pg_stat_kcache;
DROP EXTENSION
```

Часть 6. Обертки внешних данных

1) Посмотрим, какие есть обертки внешних данных (FDW):

```
postgres=# SELECT * FROM pg_available_extensions
     WHERE name LIKE '%fdw%';
    name      | default_version | installed_version |  comment
-------------+-----------------+-------------------+---------------
file_fdw     | 1.0             |                   | foreign-data wrapper for flat file access
postgres_fdw | 1.2             |                   | foreign-data wrapper for remote PostgreSQL servers
(2 строки)
```

2) Установим расширение:

```
postgres=# CREATE EXTENSION postgres_fdw;
CREATE EXTENSION

postgres=# \dx postgres_fdw
      Список установленных расширений
     Имя      | Версия | Схема  |    Описание
--------------+--------+---------------------
 postgres_fdw | 1.2    | public | foreign-data wrapper for remote PostgreSQL
servers
(1 строка)
```

3) Посмотрим, какие есть базы данных:

```
postgres=# \l
                                   Список баз данных
    Имя    | Владелец | Кодировка | Провайдер локали | LC_COLLATE  |  LC_CTYPE   | Права доступа
-----------+----------+-----------+------------------+-------------+-------------+-------------------
 postgres  | postgres | UTF8      | libc             | ru_RU.UTF-8 | ru_RU.UTF-8 |
 template0 | postgres | UTF8      | libc             | ru_RU.UTF-8 | ru_RU.UTF-8 | =c/postgres  +
           |          |           |                  |             |             | postgres=CTc/postgres
 template1 | postgres | UTF8      | libc             | ru_RU.UTF-8 | ru_RU.UTF-8 |  =c/postgres +
           |          |           |                  |             |             | postgres=CTc/postgres
 test_db   | postgres | UTF8      | libc             | ru_RU.UTF-8 | ru_RU.UTF-8 |
(4 строки)
```

Если базы **test_db** нет, создайте её и тестовые таблицы:

```
postgres=# create database test_db;
CREATE DATABASE
postgres=# \! pgbench -i -d test_db
dropping old tables...
NOTICE:  table "pgbench_accounts" does not exist, skipping
NOTICE:  table "pgbench_branches" does not exist, skipping
NOTICE:  table "pgbench_history" does not exist, skipping
NOTICE:  table "pgbench_tellers" does not exist, skipping
creating tables...
generating data (client-side)...
```

```
vacuuming...
creating primary keys...
done in 0.25 s (drop tables 0.00 s, create tables 0.00 s, client-side generate
0.14 s, vacuum 0.05 s, primary keys 0.05 s).
```

4) Подключимся и вернем информацию с БД `test_db`. Для начала создадим объект удаленного сервера:

```
postgres=# CREATE SERVER test FOREIGN DATA WRAPPER postgres_fdw OPTIONS (host
'localhost', port '5432', dbname 'test_db');
CREATE SERVER


postgres=# \des
         Список сторонних серверов
 Имя  | Владелец | Обёртка сторонних данных
------+----------+--------------------------
 test | postgres | postgres_fdw
(1 строка)
```

5) После этого создадим пользователя, под которым будет происходить подключение. Отображений на пользователя может быть несколько:

```
postgres=# CREATE USER MAPPING FOR postgres SERVER test OPTIONS ( user
'postgres', password 'postgres' );
CREATE USER MAPPING

postgres=# \deu
Список сопоставлений пользователей
 Сервер | Имя пользователя
--------+------------------
 test   | postgres
(1 строка)
```

6) Определения внешних таблиц (данные при этом не копируются и не перносятся) можно импортировать:

```
postgres=# IMPORT FOREIGN SCHEMA public LIMIT TO (pgbench_tellers) FROM SERVER
test INTO public;
IMPORT FOREIGN SCHEMA

postgres=# \det
      List of foreign tables
 Schema |      Table      | Server
--------+-----------------+--------
 public | pgbench_tellers | test
(1 row)
```

7) Обращаемся к этой таблице, как к обычной таблице:

```
postgres=# SELECT * FROM pgbench_tellers limit 2;
 tid | bid | tbalance | filler
-----+-----+----------+--------
   1 |   1 |        0 |
   2 |   1 |        0 |
(2 rows)
```

8) Описание внешней таблицы можно получить так же, как для обычной таблицы:

```
postgres=# \d pgbench_tellers
                        Foreign table "public.pgbench_tellers"
  Column  |      Type       | Collation | Nullable | FDW options
----------+-----------------+-----------+----------+------------
 tid      | integer         |           | not null |(column_name 'tid')
 bid      | integer         |           |          |(column_name 'bid')
 tbalance | integer         |           |          |(column_name 'tbalance')
 filler   | character(84)   |           |          |(column_name 'filler')
Server: test
FDW options: (schema_name 'public', table_name 'pgbench_branches')
```

9) Посмотрим, откуда приходят данные:

```
postgres=# EXPLAIN SELECT * FROM pgbench_tellers;
               QUERY PLAN
---------------------------------------
Foreign Scan on pgbench_tellers  (cost=100.00..157.74 rows=217 width=352)
(1 row)
postgres=# EXPLAIN analyze SELECT * FROM pgbench_tellers;
               QUERY PLAN
---------------------------------------
 Foreign Scan on pgbench_tellers  (cost=100.00..157.74 rows=217 width=352)
(actual time=0.415..0.428 rows=10.00 loops=1)
 Planning Time: 0.043 ms
 Execution Time: 0.980 ms
(3 rows)
```

10) Удалим созданные объекты:

```
postgres=# DROP FOREIGN TABLE pgbench_tellers;
DROP FOREIGN TABLE

postgres=# DROP USER MAPPING FOR postgres server test;
DROP USER MAPPING

postgres=# DROP SERVER test;
DROP SERVER

postgres=# DROP EXTENSION postgres_fdw;
DROP EXTENSION
```

Глава 3. Конфигурирование

Часть 1. Обзор параметров конфигурации

1) Сколько параметров конфигурации имеется?

```
postgres=# select count(*) from pg_settings;
 count
-------
   462
(1 строка)
```

2) Сколько имеется параметров, не относящихся к библиотекам и приложениям? Выполните запрос:

```
postgres=# select count(name) from pg_settings where name not like '%.%';
 count
-------
   429
(1 строка)
```

Параметры, в названии которых имеется **точка,** относятся к расширениям, библиотекам, приложениям (customized options, внесистемные параметры, пользовательские настройки) и их может быть произвольное количество. Загруженные модули могут регистрировать свои параметры конфигурации.

Для загрузки библиотек их нужно указать в параметре конфигурации. Выполните команды:

```
postgres=#
alter system set shared_preload_libraries = pg_stat_statements, pg_qualstats,
pg_store_plans, pg_prewarm, pg_stat_kcache;
ALTER SYSTEM
```

После запятых пробел обязателен.

Изменение этого параметра треует перезапуск экземпляра. Остановите экземпляр утилитой `pg_ctl` и запустите его заново как службу:

```
postgres=# alter system set logging_collector = on;
alter system set log_filename = 'postgresql-%F.log';
alter system set max_wal_size = '512MB';
\q
postgres@tantor:~$ pg_ctl stop
waiting for server to shut down.... done
server stopped
postgres@tantor:~$ sudo systemctl start tantor-se-server-18
postgres@tantor:~$ psql
```

3) Какие библиотеки **были загружены**?

```
postgres=# show shared_preload_libraries;
              shared_preload_libraries
-----------------------------------------
 pg_stat_statements, pg_qualstats, pg_store_plans, pg_prewarm, pg_stat_kcache
(1 строка)
```

Было загружено пять библиотек.

4) Сколько параметров модулей (библиотек) и приложений есть? В названии таких параметров есть **точка**. Выполните запрос:

```
postgres=# select distinct split_part(name,'.', 1), count(name) from pg_settings
where name like '%.%' group by split_part(name,'.', 1) order by 1;
      split_part      | count
----------------------+-------
pg_prewarm            |     2
pg_qualstats          |     8
pg_stat_kcache        |     3
pg_stat_statements    |     8
pg_store_plans        |    12
(5 rows)
```

5) Какие **максимальные** значения есть у параметров? Это интересно, чтобы сопоставить название типа параметра с его размерностью (сколько байт занимает значение). Выполните запрос:

```
postgres=# select vartype, min_val, max_val, count(name) from pg_settings group
by vartype, min_val, max_val order by length(max_val) desc, vartype;
 vartype |   min_val    |        max_val        | count
---------+--------------+-----------------------+-------
 bool    |              |                       |   122
 enum    |              |                       |    44
 string  |              |                       |    68
 int64   | 0            | 9223372036854775807   |     1
 int64   | 100000       | 9223372036854775807   |     1
 int64   | -1           | 9223372036854775807   |     1
 int64   | 10000        | 9223372036854775807   |     4
 real    | -1           | 1.79769e+308          |     3
 real    | 0            | 1.79769e+308          |     7
 int64   | 0            | 2100000000            |     2
 integer | 100          | 1073741823            |     2
 integer | -1           | 2147483647            |    13
 integer | 1            | 2147483647            |     6
 integer | -2147483648  | 2147483647            |     1
 integer | -1           | 1073741823            |     2
...
```

Для промотки строк в терминале можно использовать клавиши `<Shift><PgUp>` и `<Shift><PgDown>`. Максимальное значение типа с названием `int64`: 9223372036854775807 = 2 в степени 63 минус 1, что соответствует максимуму для целочисленного знакового типа размерностью **64** бита.

У типов с названием `integer` максимальное значение 2147483647, что соответствует максимуму для целочисленного знакового типа размерностью 32 бита.

6) Контекст указывает, можно ли изменить значение параметра, и если можно, то **каким способом**. Какие контексты параметров есть и сколько параметров в каждом контексте?

```
postgres=# select context, count(name) from pg_settings where name not like '%.%'
group by context order by 1;
      context       | count
--------------------+-------
 backend            |     2
 internal           |    20
 postmaster         |    75
```

```
 sighup                  |   106
 superuser               |    50
 superuser-backend       |     4
 user                    |   172
(7 rows)
```

Больше всего параметров контекста user. Изменения параметров контекста postmaster потребуют рестарт экземпляра. Параметры контекста internal только для чтения (не могут меняться командами SET, ALTER SYSTEM, путем установки значения в файлах параметров конфигурации) и их нет смысла указывать в файлах параметров конфигурации. Могут ли поменяться значения параметров контекста internal? Могут. Способ изменения зависит от параметра. Например, значение параметра wal_segment_size может меняться утилитой pg_resetwal, параметра data_checksums - утилитой pg_checksums.

7) Посмотрите, какие категории параметров есть:

```
postgres=# select category, count(*) from pg_settings group by category order by 2 desc;
                          category                           | count
-------------------------------------------- -----------------------+-------
 Customized Options                                          |    34
 Query Tuning / Planner Method Configuration                 |    28
 Resource Usage / Memory                                     |    28
 Client Connection Defaults / Statement Behavior             |    27
 Developer Options                                           |    27
 Reporting and Logging / What to Log                         |    22
 Preset Options                                              |    20
 Query Tuning / Planner Cost Constants                       |    17
 Query Tuning / Other Planner Options                        |    17
 Vacuuming / Automatic Vacuuming                             |    15
 Connections and Authentication / SSL                        |    15
 Write-Ahead Log / Settings                                  |    15
 Replication / Standby Servers                               |    14
 Reporting and Logging / Where to Log                        |    13
 Client Connection Defaults / Locale and Formatting          |    12
 Connections and Authentication / Connection Settings        |    11
 Resource Usage / I/O                                        |     8
 Connections and Authentication / Authentication             |     8
 Write-Ahead Log / Recovery Target                           |     8
 Statistics / Cumulative Query and Index Statistics          |     8
 Query Tuning / Genetic Query Optimizer                      |     7
 Reporting and Logging / When to Log                         |     7
 Vacuuming / Freezing                                        |     7
 Replication / Sending Servers                               |     7
 Version and Platform Compatibility / Previous PostgreSQL Versions |     7
 Write-Ahead Log / Checkpoints                               |     6
 Connections and Authentication / TCP Settings               |     5
 File Locations                                              |     5
 Lock Management                                             |     5
 Statistics / Monitoring                                     |     5
 Resource Usage / Worker Processes                           |     5
 Vacuuming / Cost-Based Vacuum Delay                         |     5
 Error Handling                                              |     4
 Client Connection Defaults / Shared Library Preloading      |     4
 Replication / Subscribers                                   |     4
 Resource Usage / Background Writer                          |     4
 Resource Usage / Disk                                       |     4
 Write-Ahead Log / Archiving                                 |     4
 Client Connection Defaults / Other Defaults                 |     4
 Write-Ahead Log / Archive Recovery                          |     3
 Write-Ahead Log / Summarization                             |     2
 Reporting and Logging / Process Title                       |     2
```

```
 Ungrouped                                                   |     2
 Write-Ahead Log / Recovery                                  |     2
 Version and Platform Compatibility / Other Platforms and Clients |     2
 Replication / Primary Server                                |     2
 Resource Usage / Kernel Resources                           |     1
 Vacuuming / Default Behavior                                |     1
(48 rows)
```

Категория `Customized Options` - это параметры расширений и приложений.

8) **Сколько** параметров установлено в файлах параметров конфигурации?

```
postgres=# select sourcefile, count(*) from pg_settings group by sourcefile;
                    sourcefile                         | count
-------------------------------------------------------+-------
                                                       |   445
 /var/lib/postgresql/tantor-se-18/data/postgresql.auto.conf |     4
 /var/lib/postgresql/tantor-se-18/data/postgresql.conf |    13
(3 rows)
```

В файлах параметров конфигурации установлено 13+4=17 параметров, не установлено 445 параметров (а значит, имеют значения по умолчанию). Результат дан для примера, у вас могут быть другие числа.

9) В файле `postgresql.conf` большое количество параметров закомментированы и откомментированы. Комментарии - это короткая, качественная, удобная (под рукой) справка.

Какие параметры конфигурации были считаны из **основного файла** параметров при запуске экземпляра?

```
postgres=# select name, setting, sourceline from pg_settings where sourcefile
like '%l.conf' order by sourceline;
            name            |      setting       | sourceline
----------------------------+--------------------+------------
 max_connections            | 100                |         68
 shared_buffers             | 16384              |        136
 dynamic_shared_memory_type | posix              |        161
 min_wal_size               | 80                 |        278
 log_timezone               | Europe/Moscow      |        667
 autovacuum_worker_slots    | 16                 |        709
 DateStyle                  | ISO, MDY           |        804
 TimeZone                   | Europe/Moscow      |        806
 lc_messages                | en_US.UTF-8        |        820
 lc_monetary                | en_US.UTF-8        |        822
 lc_numeric                 | en_US.UTF-8        |        823
 lc_time                    | en_US.UTF-8        |        824
 default_text_search_config | pg_catalog.english |        830
(13 rows)
```

`sourceline` - номер строки от начала файла. Номер строки удобен для поиска параметра и его редактирования.

Ту же информацию можно посмотреть в представлении `pg_file_settings`.

10) Выполните команду:

```
postgres=# select name, setting, sourceline, applied from pg_file_settings where
sourcefile like '%l.conf';
            name            |      setting       | sourceline | applied
----------------------------+--------------------+------------+---------
 max_connections            | 100                |         68 | t
```

```
 shared_buffers              | 128MB              |        136 | t
 dynamic_shared_memory_type  | posix              |        161 | t
 max_wal_size                | 1GB                |        277 | f
 min_wal_size                | 80MB               |        278 | t
 log_timezone                | Europe/Moscow      |        667 | t
 autovacuum_worker_slots     | 16                 |        709 | t
 datestyle                   | iso, mdy           |        804 | t
 timezone                    | Europe/Moscow      |        806 | t
 lc_messages                 | en_US.UTF-8        |        820 | t
 lc_monetary                 | en_US.UTF-8        |        822 | t
 lc_numeric                  | en_US.UTF-8        |        823 | t
 lc_time                     | en_US.UTF-8        |        824 | t
 default_text_search_config  | pg_catalog.english |        830 | t
(14 rows)
```

У вас расхождения может не быть или они могут быть в других параметрах.

По какой причине может быть расхождение в количестве строк в запросе из пункта 9 (13 строк) и в этом примере (14 строк)? В представлении `pg_file_settings` присутствует параметр `max_wal_size`. Параметр в примере установлен в файле `postgresql.auto.conf`.

11) Пример содержимого файлов:

```
postgres=# \! cat $PGDATA/postgresql.conf | grep max_wal_size
max_wal_size = 1GB
postgres=# \! cat $PGDATA/postgresql.auto.conf
# Do not edit this file manually!
# It will be overwritten by the ALTER SYSTEM command.
shared_preload_libraries = 'pg_stat_statements, pg_qualstats, pg_store_plans, pg_prewarm, pg_stat_kcache'
logging_collector = 'on'
log_filename = 'postgresql-%F.log'
max_wal_size = '512MB'
```

В обоих файлах присутствует параметр `max_wal_size`. Представление `pg_file_settings` выводит все незакомментированные параметры из всех файлов. В столбце `applied` для 277-й строки стоит "**f**". Это означает, что данная строка переопределяется последующей строкой с тем же именем параметра (или строкой в файле `postgresql.auto.conf`, содержимое которого переопределяет значения из `postgresql.conf`). В примере строку 277 перекрыла строка 4 из файла `postgresql.auto.conf`. В запросах мы не выводили содержимое этого (`postgresql.auto.conf`) файла (предикат **`sourcefile like '%l.conf'`**).

12) В представлениях часто имеется много столбцов, и при построчном выводе они не помещаются в терминале. Можно воспользоваться расширенным режимом вывода. Выполните команды:

```
postgres=# select * from pg_settings where name = 'max_wal_size'\gx
-[ RECORD 1 ]---+---------------
name            | max_wal_size
setting         | 512
unit            | MB
category        | Write-Ahead Log / Checkpoints
short_desc      | Sets the WAL size that triggers a checkpoint.
extra_desc      |
context         | sighup
vartype         | integer
source          | configuration file
min_val         | 2
max_val         | 2147483647
enumvals        |
```

```
boot_val        | 1024
reset_val       | 512
sourcefile      | /var/lib/postgresql/tantor-se-18/data/postgresql.auto.conf
sourceline      | 6
pending_restart | f
```

В этом примере видны все детали параметра: категория, короткое описание, контекст. Значение параметра было применено из **6-й** строки файла **postgresql.auto.conf.**

13) Пример вывода значений без предиката (фильтра):

```
postgres=# select name, setting, substring(sourcefile, 39) file, sourceline,
applied from pg_file_settings where name='max_wal_size';
     name     | setting |         file          | sourceline | applied
--------------+---------+-----------------------+------------+---------
 max_wal_size | 1GB     | postgresql.conf       |        277 | f
 max_wal_size | 512MB   | postgresql.auto.conf  |          6 | t
(2 строки)
```

Представление pg_file_settings показывает **все** строки файлов параметров конфигурации, где устанавливаются значения параметров (незакомментированные и непустые строки). Для каждого параметра может быть несколько строк, в которых задаются значения этого параметра, это не является ошибкой, хотя этого стоит избегать (чтобы не было неоднозначности).

При запуске экземпляра (и перечитывании файлов, если значение параметра может быть изменено без перезапуска экземпляра) применяется значение из файла postgresql.auto.conf, которое идёт самым последним. В этом файле также могут быть повторения, они появляются при редактировании файла вручную, а также в результате работы утилит (например, pg_basebackup), которые просто добавляют строки в конец файла, зная, что установленное в конец файла будет превалировать.

Если в файле postgresql.auto.conf параметр отсутствует, то применяется значение, которое ближе к концу файла postgresql.conf.

Представление pg_settings показывает одну строку для каждого параметра, то есть ту, которая применена или может быть применена.

В столбце **pending_restart** значение **"t"** появится, если значение параметра было изменено в файле параметров конфигурации, файлы был перечитаны (**без перечитывания содержимое pg_settings не меняется**), и после перечитывания требуется перезапуск экземпляра (то есть у параметра context=postmaster). Во всех остальных случаях значение **pending_restart="f"**.

В отличие от pg_settings представление **pg_file_settings показывает текущее** содержимое файлов параметров, и в столбце **error** можно посмотреть, нет ли ошибок после редактирования файлов, что приведёт к невозможности запуска экземпляра.

14) Ошибок в этих двух файлах параметров конфигурации нет, если запрос типа select sourcefile, sourceline, error from pg_file_settings where **error is not null** не выдаст **ни одной строки**.

Если запрос выдаст одну строку, это не означает что ошибка только в одной строке, ошибок может быть много. После исправления ошибки нужно повторить запрос, добиваясь, чтобы запрос не выдал ни одной строки. Во многих случаях наличие ошибки приведёт к невозможности запуска экземпляра после его остановки. Непустое значение в столбце **error** может и не указывать на ошибку, например, сообщение **setting could not be applied** означает, что параметр не применён (пример будет рассмотрен в п.3 следующей части практики).

Примеры (выполнять команды этого пункта не нужно):

Ошибка в значении параметра:

```
postgres=# \! cat $PGDATA/postgresql.auto.conf | grep max_wal
max_wal_size = '512mB'

postgres=# select substring(sourcefile, 39) file, sourceline, error from
pg_file_settings where error is not null;
         file          | sourceline |              error
-----------------------+------------+------------------------------
 postgresql.auto.conf |          4 | setting could not be applied
(1 строка)
```

Не исправив предыдущую ошибку, добавлена ошибка в названии параметра:

```
postgres=# \! cat $PGDATA/postgresql.conf | grep 512MB
max_wol_size = 512MB

postgres=# select substring(sourcefile, 39) file, sourceline, error from
pg_file_settings where error is not null;
      file        | sourceline |                error
------------------+------------+--------------------------------------
 postgresql.conf |        836 | unrecognized configuration parameter
(1 строка)
```

Не исправив предыдущие ошибки, добавлена ошибка в синтаксисе строки:

```
postgres=# \! cat $PGDATA/postgresql.conf | grep max_wol
max_wol_size = 512MB
max_wol_size - 512MB

postgres=# select substring(sourcefile, 39) file, sourceline, error from
pg_file_settings where error is not null;
      file        | sourceline |    error
------------------+------------+-------------
 postgresql.conf |        837 | syntax error
(1 строка)
```

Если хоть одна из перечисленных ошибок будет присутствовать, то экземпляр не сможет запуститься после остановки или в процессе перезапуска:

```
postgres@tantor:~$ sudo systemctl restart tantor-se-server-18
Job for tantor-se-server-18.service failed because the control process exited
with error code.
See "systemctl status tantor-se-server-18.service" and "journalctl -xe" for
details.
```

Ошибки "`setting could not be applied`" не всегда означают невозможность запуска экземпляра.

Часть 2. Параметры конфигурации с единицей измерения

1) Посмотрим, как менять значение параметров с единицей измерения.

Посмотрите свойства параметра shared_buffers:

```
postgres=# select * from pg_settings where name = 'shared_buffers' \gx
-[ RECORD 1 ]---+-------------------
name            | shared_buffers
setting         | 16384
unit            | 8kB
category        | Resource Usage / Memory
short_desc      | Sets the number of shared memory buffers used by the server.
extra_desc      |
context         | postmaster
vartype         | integer
source          | configuration file
min_val         | 16
max_val         | 1073741823
enumvals        |
boot_val        | 16384
reset_val       | 16384
sourcefile      | /var/lib/postgresql/tantor-se-18/data/postgresql.conf
sourceline      | 136
pending_restart | f
```

Значение измеряется в блоках размером **8Кб**. Параметр **целочисленный**.

2) Установите значение для этого параметра 12800:

```
postgres=# alter system set shared_buffers = 12800;
ALTER SYSTEM
```

3) Проверьте, что было записано в файл параметров:

```
postgres=# \! sudo -u postgres cat $PGDATA/postgresql.auto.conf
# Do not edit this file manually!
# It will be overwritten by the ALTER SYSTEM command.
logging_collector = 'on'
shared_preload_libraries = 'pg_stat_statements, pg_qualstats, pg_store_plans,
pg_prewarm, pg_stat_kcache'
logging_collector = 'on'
log_filename = 'postgresql-%F.log'
max_wal_size = '512MB'
shared_buffers = '12800'
```

Значение было введено без апострофов, в файле было установлено в **апострофах**.

4) Посмотрите, нет ли ошибок в установленном значении параметра:

```
postgres=# select substring(sourcefile,39) file, sourceline, error from
pg_file_settings where error is not null;
         file          | sourceline |             error
-----------------------+------------+------------------------------
 postgresql.auto.conf |          7 | setting could not be applied
(1 строка)
```

Текст ошибки означает, что параметр не может быть применен без перезапуска экземпляра. Параметр имеет контекст postmaster, значит для изменения значения требует рестарт экземпляра.

4) Перезапустите экземпляр:

```
postgres=# \q
postgres@tantor:~$ sudo systemctl restart tantor-se-server-18
postgres@tantor:~$ psql
```

5) Посмотрите, какое значение у параметра после перезапуска экземпляра:

```
postgres=# show shared_buffers;
 shared_buffers
----------------
 100MB
(1 строка)
```

Значение выдаётся в мегабайтах. В файле параметров установлено значение `'12800'`.

12800 * 8192 (8 КБ) = 104857600. 104857600 / 1024 / 1024 = 100. 12800 блоков - это ровно 100 МБ.

6) Без единиц измерения этот параметр измеряется в блоках.

Установим значение в мегабайтах. Выполните команду:

```
postgres=# alter system set shared_buffers = 100mb;
ERROR:  trailing junk after numeric literal at or near "100m"
СТРОКА 1: alter system set shared_buffers = 100mb;
                                            ^
```

Не получается. Для единиц измерения важен регистр. Выполните команду:

```
postgres=# alter system set shared_buffers = 100MB;
ERROR:  trailing junk after numeric literal at or near "100MB"
СТРОКА 1: alter system set shared_buffers = 100MB;
                                            ^
```

Не получается. Поставьте апострофы:

```
postgres=# alter system set shared_buffers = '100MB';
ALTER SYSTEM
```

Получилось.

7) Посмотрите, что было записано в файл при вводе значения с единицей измерения и в апострофах:

```
postgres=# \! sudo -u postgres cat $PGDATA/postgresql.auto.conf
# Do not edit this file manually!
# It will be overwritten by the ALTER SYSTEM command.
...
shared_buffers = '100MB'
```

Вы выполняли несколько раз команду, чтобы лучше запомнить особенность ввода значений параметров с единицами измерений: важен регистр единиц измерения и необходимы апострофы. Не запомнив этого, для этого параметра часто пытаются ввести число, интуитивно полагая, что значение задаётся в байтах (а оно в блоках) и получают нехватку памяти при рестарте экземпляра.

Между числом и единицей измерения могут быть пробелы и это не вызовет ошибок.

Например (выполнять не нужно):

```
postgres=# alter system set shared_buffers = '100       MB';
postgres=# \! sudo -u postgres cat $PGDATA/postgresql.auto.conf
# Do not edit this file manually!
# It will be overwritten by the ALTER SYSTEM command.
...
```

```
shared_buffers = '100       MB'
```

Пробелы ухудшают читаемость.

8) Уберите из postgresql.auto.conf параметр shared_buffers:

```
postgres=# alter system reset shared_buffers;
ALTER SYSTEM

postgres=# \! sudo -u postgres cat $PGDATA/postgresql.auto.conf
# Do not edit this file manually!
# It will be overwritten by the ALTER SYSTEM command.
shared_preload_libraries = 'pg_stat_statements, pg_qualstats, pg_store_plans, pg_prewarm, pg_stat_kcache'
logging_collector = 'on'
log_filename = 'postgresql-%F.log'
max_wal_size = '512MB'
```

Все строки с параметром shared_buffers (даже если строк с параметром было несколько, что может получиться при редактировании файла вручную) исчезнут.

9) Перезапустите экземпляр:

```
postgres=# \q
postgres@tantor:~$ sudo systemctl restart tantor-se-server-18
postgres@tantor:~$ psql
```

В этом пункте мы изучили, как убирать параметры из postgresql.auto.conf.

Часть 3. Параметры конфигурации логического типа

1) Посмотрим параметр логического типа (bool):

```
postgres=# select * from pg_settings where name = 'hot_standby_feedback'\gx
-[ RECORD 1 ]---+--------------------------------
name            | hot_standby_feedback
setting         | off
unit            |
category        | Replication / Standby Servers
short_desc      | Allows feedback from a hot standby to the primary that will
avoid query conflicts.
extra_desc      |
context         | sighup
vartype         | bool
source          | default
min_val         |
max_val         |
enumvals        |
boot_val        | off
reset_val       | off
sourcefile      |
sourceline      |
pending_restart | f
```

Контекст sighup означает, что для применения нового значения достаточно перечитать файлы конфигурации.

2) "Включим" параметр, то есть установим значение в true:

```
postgres=# alter system set hot_standby_feedback = o;
ERROR:  parameter "hot_standby_feedback" requires a Boolean value
```

Ошибка означает, что нельзя сократить значение, так как есть неоднозначность. В качестве значения допускаются on и off:

```
postgres=# alter system set hot_standby_feedback = on;
ALTER SYSTEM
```

Значение on допустимо для логических параметров. Проверьте, что допустимы и другие значения:

```
postgres=# alter system set hot_standby_feedback = 1;
ALTER SYSTEM
postgres=# alter system set hot_standby_feedback = '1';
ALTER SYSTEM
```

Единица тоже допустима:

```
postgres=# alter system set hot_standby_feedback = tr;
ALTER SYSTEM
```

Допускаются сокращения значений, но только если нет неоднозначности.

Неоднозначность была с сокращением до одной буквы "o".

3) Посмотрите, что было записано в файл параметров:

```
postgres=# \! sudo -u postgres cat $PGDATA/postgresql.auto.conf
# Do not edit this file manually!
# It will be overwritten by the ALTER SYSTEM command.
..
```

```
hot_standby_feedback = 'tr'
```

Значение в сокращенном виде было записано в апострофах.

Сокращения неудобны для чтения. Для логических параметров лучше использовать канонические значения `on, off`.

4) Перечитайте файлы параметров, чтобы новое значение начало действовать:

```
postgres=# select pg_reload_conf();
 pg_reload_conf
----------------
 t
(1 строка)

postgres=# show hot_standby_feedback;
 hot_standby_feedback
----------------------
 on
(1 строка)
```

Значение установилось правильно.

5) Верните значение по умолчанию:

```
postgres=# alter system reset hot_standby_feedback;
ALTER SYSTEM
postgres=# select pg_reload_conf();
 pg_reload_conf
----------------
 t
(1 строка)
```

Часть 4. Конфигурационные параметры

"Параметры конфигурации" (settings) и "Конфигурационные параметры" (config) созвучны. В этой части практики рассмотрим "Конфигурационные параметры".

Есть три способа посмотреть конфигурационные параметры: утилита командной строки `pg_config`, представление `pg_config` и функция `pg_config()`.

1) Посмотрите, какие параметры конфигурации существуют, утилитой `pg_config`:

```
postgres@tantor:~$ pg_config --help

pg_config предоставляет информацию об установленной версии PostgreSQL.

Использование:
  pg_config [ПАРАМЕТР]...

Параметры:
  --bindir              показать расположение исполняемых файлов
  --docdir              показать расположение файлов документации
  --htmldir             показать расположение HTML-файлов документации
  --includedir          показать расположение файлов-заголовков (.h) для
                        клиентских интерфейсов на языке C
  --pkgincludedir       показать расположение других файлов-заголовков (.h)
  --includedir-server   показать расположение файлов-заголовков (.h) для сервера
  --libdir              показать расположение библиотек объектного кода
  --pkglibdir           показать расположение динамически загружаемых модулей
  --localedir           показать расположение файлов описания локалей
  --mandir              показать расположение справочных страниц
  --sharedir            показать расположение платформенно-независимых файлов
  --sysconfdir          показать расположение общесистемных файлов конфигурации
  --pgxs                показать расположение makefile для расширений
  --configure           показать параметры скрипта "configure", с которыми
                        был собран PostgreSQL
  --cc                  показать, с каким значением CC собран PostgreSQL
  --cppflags            показать, с каким значением CPPFLAGS собран PostgreSQL
  --cflags              показать, с какими флагами C собран PostgreSQL
  --cflags_sl           показать, с каким значением CFLAGS_SL собран PostgreSQL
  --ldflags             показать, с каким значением LDFLAGS собран PostgreSQL
  --ldflags_ex          показать, с каким значением LDFLAGS_EX собран PostgreSQL
  --ldflags_sl          показать, с каким значением LDFLAGS_SL собран PostgreSQL
  --libs                показать, с каким значением LIBS собран PostgreSQL
  --version             показать версию PostgreSQL
  -?, --help            показать эту справку и выйти
```

При запуске без аргументов выводятся все известные значения.

Эти параметры устанавливаются при сборке Tantor Postgres и не меняются. Они одинаковы для сборок `BE, SE, SE1C`. Поскольку названия директорий длинные и запомнить их сложно, то польза от утилиты `pg_config` в том, что можно, зная название утилиты и название вида директории, получить путь в файловой системе к нужной директории.

2) Запустите утилиту без параметров, утилита выдаст значения всех параметров:

```
postgres@tantor:~$ pg_config

BINDIR = /opt/tantor/db/18/bin
DOCDIR = /opt/tantor/db/18/share/doc/postgresql
HTMLDIR = /opt/tantor/db/18/share/doc/postgresql
INCLUDEDIR = /opt/tantor/db/18/include
PKGINCLUDEDIR = /opt/tantor/db/18/include/postgresql
INCLUDEDIR-SERVER = /opt/tantor/db/18/include/postgresql/server
LIBDIR = /opt/tantor/db/18/lib
PKGLIBDIR = /opt/tantor/db/18/lib/postgresql
LOCALEDIR = /opt/tantor/db/18/share/locale
```

```
MANDIR = /opt/tantor/db/18/share/man
SHAREDIR = /opt/tantor/db/18/share/postgresql
SYSCONFDIR = /opt/tantor/db/18/etc/postgresql
PGXS = /opt/tantor/db/18/lib/postgresql/pgxs/src/makefiles/pgxs.mk
CONFIGURE =  '--prefix=/opt/tantor/db/18' '--enable-tap-tests' '--enable-nls=en ru'
'--with-python' '--with-perl' '--with-tcl' '--with-icu' '--with-libcurl' '--with-lz4'
'--with-zstd' '--with-ssl=openssl' '--with-ldap' '--with-pam' '--with-uuid=e2fs'
'--with-libxml' '--with-libxslt' '--with-gssapi' '--with-selinux' '--with-systemd'
'--with-llvm' 'CFLAGS=-pipe -O2' 'LDFLAGS=-Wl,-z,relro -Wl,-z,now -flto=auto
-ffat-lto-objects' 'CPPFLAGS=-Wno-missing-braces -Wformat -Werror=format-security
-fstack-protector-strong -U_FORTIFY_SOURCE -D_FORTIFY_SOURCE=2 -DTANTOR_SE' 'CXXFLAGS=-pipe
-O2 -D_GLIBCXX_ASSERTIONS' 'LLVM_CONFIG=/usr/bin/llvm-config-13' 'CLANG=/usr/bin/clang-13'
'ZSTD_CFLAGS=-I/usr/local/include/zstd' 'ZSTD_LIBS=-L/usr/local/lib/zstd -lzstd'
'PYTHON=/usr/bin/python3'
CC = gcc
CPPFLAGS = -Wno-missing-braces -Wformat -Werror=format-security -fstack-protector-strong
-U_FORTIFY_SOURCE -D_FORTIFY_SOURCE=2 -DTANTOR_SE -D_GNU_SOURCE -I/usr/include/libxml2
-I/usr/local/include/zstd
CFLAGS = -Wall -Wmissing-prototypes -Wpointer-arith -Wdeclaration-after-statement
-Werror=vla -Wendif-labels -Wmissing-format-attribute -Wimplicit-fallthrough=3
-Wcast-function-type -Wshadow=compatible-local -Wformat-security -fno-strict-aliasing
-fwrapv -fexcess-precision=standard -Wno-format-truncation -Wno-stringop-truncation -pipe
-O2
CFLAGS_SL = -fPIC
LDFLAGS = -Wl,-z,relro -Wl,-z,now -flto=auto -ffat-lto-objects -L/usr/local/lib/zstd
-Wl,--as-needed -Wl,-rpath,'/opt/tantor/db/18/lib',--enable-new-dtags
LDFLAGS_EX =
LDFLAGS_SL =
LIBS = -lpgcommon -lpgport -lselinux -lzstd -llz4 -lxslt -lxml2 -lpam -lssl -lcrypto
-lgssapi_krb5 -lz -lreadline -lm
VERSION = PostgreSQL 18.3
```

Местоположение директории с внешними библиотеками (подгружаемыми модулями, **PKGLIBDIR**) показывает параметр **--pkglibdir**.

3) Библиотеки загружаются при запуске экземпляра параметром конфигурации **shared_preload_libraries** или, если библиотека может загружаться не только при запуске экземпляра, но и динамически серверным процессом, то командой **LOAD 'имя_библиотеки';**

Посмотрите, какие библиотеки доступны:

```
postgres@tantor:~$ ls $(pg_config --pkglibdir)
amcheck.so               libpqwalreceiver.so      pg_trgm.so
auth_delay.so            llvmjit.so               pg_uuidv7.so
auto_dump.so             llvmjit_types.bc         pg_variables.so
auto_explain.so          lo.so                    pg_visibility.so
autoinc.so               ltree_plpython3.so       pg_wait_sampling.so
basebackup_to_shell.so   ltree.so                 pg_walinspect.so
basic_archive.so         mchar.so                 pgxml.so
bitcode                  moddatetime.so           pgxs
bloom.so                 oauth_base_validator.so  plantuner.so
bool_plperl.so           online_analyze.so        plperl.so
btree_gin.so             orafce.so                plpgsql.so
btree_gist.so            pageinspect.so           plpython3.so
citext.so                page_repair.so           pltcl.so
credcheck.so             passwordcheck.so         postgres_fdw.so
csn.so                   pg_archive_bgw.so        refint.so
cube.so                  pgauditlogtofile.so      seg.so
cyrillic_and_mic.so      pgaudit.so               sepgsql.so
dbcopies_decoding.so     pg_background.so         sslinfo.so
dblink.so                pg_buffercache.so        tablefunc.so
ddl_deparse.so           pg_columnar.so           tcn.so
dict_int.so              pg_cron.so               test_decoding.so
dict_snowball.so         pgcrypto.so              transp_anon.so
dict_xsyn.so             pg_freespacemap.so       tsm_system_rows.so
earthdistance.so         pg_hint_plan.so          tsm_system_time.so
```

```
euc2004_sjis2004.so      pg_ivm.so                unaccent.so
euc_cn_and_mic.so        pgl_ddl_deploy.so        utf8_and_big5.so
euc_jp_and_sjis.so       pgoutput.so              utf8_and_cyrillic.so
euc_kr_and_mic.so        pg_partman_bgw.so        utf8_and_euc2004.so
euc_tw_and_big5.so       pg_prewarm.so            utf8_and_euc_cn.so
fasttrun.so              pgq_lowlevel.so          utf8_and_euc_jp.so
file_fdw.so              pgq_triggers.so          utf8_and_euc_kr.so
fulleq.so                pg_qualstats.so          utf8_and_euc_tw.so
fuzzystrmatch.so         pg_query_id.so           utf8_and_gb18030.so
hstore_plperl.so         pg_repack.so             utf8_and_gbk.so
hstore_plpython3.so      pgrowlocks.so            utf8_and_iso8859_1.so
hstore.so                pg_sample_profile.so     utf8_and_iso8859.so
http.so                  pg_stat_advisor.so       utf8_and_johab.so
hypopg.so                pg_stat_kcache.so        utf8_and_sjis2004.so
insert_username.so       pg_stat_statements.so    utf8_and_sjis.so
_int.so                  pgstattuple.so           utf8_and_uhc.so
isn.so                   pg_store_plans.so        utf8_and_win.so
jsonb_plperl.so          pg_surgery.so            uuid-ossp.so
jsonb_plpython3.so       pg_tde.so                vector.so
latin2_and_win1250.so    pg_throttle.so           wal2json.so
latin_and_mic.so         pg_trace.so              zcheck.so
```

4) Проверим, что некоторые разделяемые библиотеки можно загружать динамически. Загрузите модуль `pg_hint_plan`:

```
postgres=# show pg_hint_plan.enable_hint;
ERROR:  unrecognized configuration parameter "pg_hint_plan.enable_hint"
```

Серверный процесс не знает о таком параметре, поскольку модуль не был загружен ни серверным процессом, ни на уровне экземпляра. Загрузите модуль в память серверного процесса, обслуживающего текущую сессию:

```
postgres=# LOAD 'pg_hint_plan';
LOAD
```

Библиотека загрузилась в память серверного процесса, обслуживающего сессию, в которой была дана команда. В этой сессии можно пользоваться функционалом модуля.

5) В частности, теперь в сессии доступны параметры конфигурации модуля. При наборе текста можно использовать клавишу табуляции на клавиатуре `<TAB>`, `psql` продолжит за вас набор текста, если других вариаций нет, а при двойном нажатии клавиши покажет список возможных значений.

Наберите **`show pg_hint<TAB>.<TAB>`**:

```
postgres=# show pg_hint_plan.enable_hint;
 pg_hint_plan.enable_hint
--------------------------
 on
(1 строка)
```

6) Воспользуемся и другим вариантом просмотра параметров конфигурации:

```
postgres=# \dconfig pg_hint_plan.*

      Список параметров конфигурации
             Параметр              | Значение
-----------------------------------+----------
pg_hint_plan.debug_print          | off
pg_hint_plan.enable_hint          | on
```

```
pg_hint_plan.enable_hint_table | off
pg_hint_plan.message_level     | log
pg_hint_plan.parse_messages    | info
(5 rows)
```

В 18 версии был убран параметр `pg_hint_plan.hints_anywhere`.

При инсталляции расширений в директорию `PKGLIBDIR` скопированы динамически линкуемые библиотеки (`*.so`), если расширение содержит разделяемые библиотеки.

Вторая полезная директория при администрировании расширений - это `SHAREDIR`. В эту директорию копируются файлы расширений, которые затем устанавливаются командой `CREATE EXTENSION`.

7) Расширения не являются общим объектом кластера и устанавливаются на уровне баз данных.

Посмотрите, какие расширения готовы к установке в базы данных:

```
postgres@tantor:~$ ls $(pg_config --sharedir)/extension | grep .control
amcheck.control
...
zcheck.control
```

8) Список тех же самых расширений можно посмотреть в представлении `pg_available_extensions`:

```
postgres=# select count(*) from pg_available_extensions;
 count
-------
    96
```

Расширений, поставляемых с Tantor Postgres SE, довольно много.

9) Посмотрите определение представления:

```
postgres=# \sv pg_available_extensions
CREATE OR REPLACE VIEW pg_catalog.pg_available_extensions AS
 SELECT e.name,
    e.default_version,
    x.extversion AS installed_version,
    e.comment
   FROM pg_available_extensions() e(name, default_version, comment)
     LEFT JOIN pg_extension x ON e.name = x.extname
```

Представление использует функцию **pg_available_extensions()**, которая читает содержимое файлов `*.control` в директории `SHAREDIR`.

9) Посмотрите определение функции:

```
postgres=# \sf pg_available_extensions()

CREATE OR REPLACE FUNCTION pg_catalog.pg_available_extensions(OUT name name,
OUT default_version text, OUT comment text)
 RETURNS SETOF record
 LANGUAGE internal
 STABLE PARALLEL SAFE STRICT COST 10 ROWS 100
AS $function$pg_available_extensions$function$
```

Командой **\sv** - вы можете смотреть тексты представлений.

Командой **\sf** - тексты подпрограмм, в том числе системного каталога.

Часть 5. Файл служб

Если возникают затруднения с копированием файла из-за привилегий на уровне операционной системы или с редактированием файлов, то эту часть практики можно не выполнять, а посмотреть нижеприведенные примеры.

1) Посмотрите, на какую директорию указывает параметр **SYSCONFDIR**. В этой директории находятся файлы по умолчанию.

```
postgres@tantor:~$ pg_config --sysconfdir
/opt/tantor/db/18/etc/postgresql
```

2) Создайте директории:

```
postgres@tantor:~$ sudo mkdir /opt/tantor/db/18/etc
postgres@tantor:~$ sudo chown postgres:postgres /opt/tantor/db/18/etc
postgres@tantor:~$ mkdir /opt/tantor/db/18/etc/postgresql
```

3) Скопируйте файл примера в эту директорию (команда одной строкой):

```
postgres@tantor:~$ cp $(pg_config --sharedir)/pg_service.conf.sample $(pg_config
--sysconfdir)/pg_service.conf
```

4) Посмотрите содержимое файла служб:

```
postgres@tantor:~$ cat $(pg_config --sysconfdir)/pg_service.conf
#
#       Connection configuration file
#
# A service is a set of named connection parameters.  You may specify
# multiple services in this file.  Each starts with a service name in
# brackets.  Subsequent lines have connection configuration parameters of
# the pattern "param=value" or LDAP URLs starting with "ldap://"
# to look up such parameters.  A sample configuration for postgres is
# included in this file.  Lines beginning with '#' are comments.
#
# Copy this to your sysconf directory (typically /usr/local/pgsql/etc) and
# rename it pg_service.conf.
#
#
#[postgres]
#dbname=postgres
#user=postgres
```

5) Отредактируйте файл `/opt/tantor/db/18/etc/postgresql/pg_service.conf`:

```
postgres@tantor:~$ mcedit /opt/tantor/db/18/etc/postgresql/pg_service.conf
```

6) Вставьте в файл строки:

```
[postgres]
dbname=postgres
user=postgres
host=/var/run/postgresql
port=5432
```

Теперь имеется определение службы с названием "postgres". Можно указать несколько служб в этом файле. В параметре `host` можно указывать IP-адрес или имя хоста. При указании **директории** используется локальное соединение через Unix-сокет.

7) Воспользуйтесь именем службы для соединения с базой данных. Выполните команду:

```
postgres@tantor:~$ psql service=postgres
psql (18.3)
Введите "help", чтобы получить справку.
postgres=# \conninfo
           Connection Information
      Parameter        |         Value
----------------------+---------------------
 Database              | postgres
 Client User           | postgres
 Socket Directory      | /var/run/postgresql
 Server Port           | 5432
 Options               |
 Protocol Version      | 3.0
 Password Used         | false
 GSSAPI Authenticated  | false
 Backend PID           | 20028
 SSL Connection        | false
 Superuser             | on
 Hot Standby           | off
(12 rows)
```

Если в файле служб допустить ошибку, например, указать порт как **5435**, то выдастся ошибка:

```
postgres@tantor:~$ psql service=postgres
psql: error: connection to server on socket "/var/run/postgresql/.s.PGSQL.5435"
failed: No such file or directory
        Is the server running locally and accepting connections on that socket?
```

8) Файл служб также может находиться в домашнем каталоге пользователя операционной системы (`~/.pg_service.conf`). **Точка** в начале названия файла **нужна**.

Директория **SYSCONFDIR** также используется для файла с именем "`psqlrc`". При запуске **без параметра -X** утилита `psql`, после подключения к базе данных, читает и выполняет команды из "`psqlrc`", а затем из файла `~/.psqlrc` (если эти файлы есть). Этими файлами можно воспользоваться для настройки свойств сессии `psql`.

Глава 4a. Логическая структура кластера

Часть 1. Установка параметров конфигурации на различных уровнях

Цель этой части изучить, как устанавливать параметры конфигурации на различных уровнях, и какие уровни превалируют.

1) Установите промпт, который будет показывать пользователя и базу данных, с которой создана сессия (текст после `\set` вводится одной строкой):

```
postgres=# \set PROMPT1 '%[%033[0;31m%]%n%[%033[0m%]@%[%033[0;36m%]%/%[%033[0m%]%[%033[0;33m%]%[%033[5m%]%x%[%033[0m%]%[%033[0m%]%R%# '
postgres=# \set PROMPT2 '%[%033[0;31m%]%n%[%033[0m%]@%[%033[0;36m%]%/%[%033[0m%]%[%033[0;33m%]%[%033[5m%]%x%[%033[0m%]%[%033[0m%]%R%# '
```

2) Добавьте в конец файла `postgresql.conf` параметр:

```
postgres=# \! echo "my.level = 'PGBootCamp'" >> $PGDATA/postgresql.conf
```

Обязательно проверьте, что используете две угловые скобки **>>**, а не одну - иначе затрёте содержимое файла.

Параметр **`my.level`** - это "параметр приложения", имя которому мы сами придумали. В имени обязательно должна быть точка, иначе экземпляр не запустится.

В версиях до 17, если не добавить параметр в `postgresql.conf` и не перечитать файл параметров, то команда `ALTER SYSTEM SET my.level = 'PGBootCamp';` выдавала ошибку:

`ERROR: unrecognized configuration parameter "my.level"`, если с момента запуска экземпляра не была загружена разделяемая библиотека (параметрами `*_preload_libraries` или командой `LOAD`), которая бы зарегистрировала бы параметры конфигурации или не была выполнена команда `SET`. Начиная с 17 версии параметры с точкой могут меняться командой `ALTER SYSTEM`.

3) Проверьте, что строка добавилась:

```
postgres=# \! tail -n 2 $PGDATA/postgresql.conf
# Add settings for extensions here
my.level = 'PGBootCamp'
```

5) Перечитайте файлы параметров:

```
postgres=# select pg_reload_conf();
 pg_reload_conf
----------------
 t
(1 строка)
```

6) Посмотрите, какие типы (context) параметров есть:

```
postgres=# select distinct context from pg_settings;
      context
-------------------
 postmaster
 superuser-backend
 user
 internal
 backend
 sighup
 superuser
(7 rows)
```

Большинство параметров типа "user" можно устанавливать на всех уровнях. Однако, могут быть нюансы. Например, параметр application_name устанавливает клиентское приложение после создания сессии. Для утилиты psql это значение psql. Поэтому устанавливать значение этого параметра на уровне кластера, базы, роли, роли в базе бессмысленно, так как установка на уровне сессии перекрывает эти значения. Его можно устанавливать на уровне сессии, транзакции, функции.

Параметр temp_tablespaces можно устанавливать на любом уровне, но он имеет особенность: при создании подпрограммы на языке plpgsql (у этого языка есть функция-"обёртка", проверяющая тело подпрограммы в момент создания) проверяется наличие табличных пространств, и если их нет, то подпрограмма не создаётся.

Параметры типа internal не меняются.

Параметры типа postmaster меняются с перезапуском экземпляра и их можно менять командой ALTER SYSTEM.

Параметры типа sighup меняются командой ALTER SYSTEM, но требуют перечитывания файлов параметров.

7) Создайте объекты следующими командами:

```
drop database IF EXISTS bob;
drop ROLE IF EXISTS bob;
drop database IF EXISTS rob;
drop user IF EXISTS rob;
CREATE USER bob SUPERUSER LOGIN;
CREATE ROLE rob SUPERUSER LOGIN;
CREATE DATABASE bob OWNER bob STRATEGY WAL_LOG;
CREATE DATABASE rob OWNER rob STRATEGY FILE_COPY;
\c bob bob \\
CREATE SCHEMA IF NOT EXISTS bob AUTHORIZATION bob;
CREATE SCHEMA IF NOT EXISTS rob AUTHORIZATION rob;
\dconfig my.level \\
alter system set my.level = 'System';
select pg_reload_conf();
alter database bob set my.level = 'Database';
alter role bob set my.level = 'Role';
alter role bob in database bob set my.level = 'RoleInDatabase';
CREATE OR REPLACE FUNCTION bob.bob()
 RETURNS text
 LANGUAGE plpgsql
 SET my.level TO 'Function'
AS $function$
 BEGIN
  RAISE NOTICE 'my.level %', current_setting('my.level');
  RAISE NOTICE 'search_path %', current_schemas(true);
  RETURN current_setting('my.level');
 END;
$function$
;

CREATE OR REPLACE FUNCTION bob.bobdef()
 RETURNS text
 LANGUAGE plpgsql
 SECURITY DEFINER
AS $function$
```

```
 BEGIN
  RAISE NOTICE 'my.level %', current_setting('my.level');
  RAISE NOTICE 'search_path %', current_schemas(true);
  RAISE NOTICE 'current_user %', current_user;
  RAISE NOTICE 'session_user %', session_user;
  RAISE NOTICE 'user %', user;
  RETURN current_setting('my.level');
 END;
$function$
;
```

С помощью этих объектов будем проверять, с какого уровня будут забираться параметры конфигурации.

Уровень функции перекрывает все уровни.

Следующий уровень, который перекрывает остальные (кроме функции) - это уровень транзакции `SET LOCAL`.

Следующий уровень - сессии. Если вызывать функции `SECURITY DEFINER`, которые работают с правами владельца, то уровень сессии вызывающего перекроет значения сессии владельца.

А если на сессии не устанавливать значение, то чьё значение будет действовать - роли-владельца (`DEFINER`)?

Нет, будет действовать значение параметра, установившееся на уровне сессии того, кто вызывает функцию. Если параметр был установлен на "роль в базе", то он и установится в сессии. Если не был установлен, то установится "на роль". Дальше "на базу". Это важно знать. Для функций и процедур особенно важно значение параметра `search_path`, которое будет действовать в теле функции или процедуры. Функции и процедуры в постгрес называются подпрограммами.

Вторая проблема. Значение по умолчанию у `search_path="$user", public`.

Значение `$user` в теле подпрограммы у `SECURITY DEFINER` - имя роли-владельца. Поэтому со значением `$user` путь поиска у подпрограмм с `DEFINER` и `INVOKER` различны. При этом, вызывающий подпрограмму может установить в своей сессии `search_path` без `$user`. Путь поиска станет другим в теле подпрограммы.

Поэтому **с `SECURITY DEFINER`** подпрограммами лучше не полагаться на путь поиска, а **всегда устанавливать путь поиска в определении подпрограммы**. Можно было бы использовать префикс с названием схем перед каждым объектом в теле подпрограммы, но тогда нужно ставить префикс и в теле всех подпрограмм, которые она вызывает, в том числе подпрограммы системного каталога. Иначе вызывающий может установить `search_path = myschema, public, pg_catalog` и заменить любую подпрограмму системного каталога на свою в схеме `myschema`. Также вызывающий может создать временную таблицу и она перекроет любые таблицы, поэтому при создании `SECURITY DEFINER` подпрограммы нужно не забывать о **`pg_temp`** и в определении подпрограммы **всегда указывать его явно и последним**, например: `search_path = pg_catalog, схема_владельца, pg_temp`.

Текст кажется сложным для понимания? Архитектурные уязвимости часто непонятны архитекторам программных систем, иначе бы они их не допускали. В вышеприведенном примере создания функции `bobdef()` с правами создателя заложена уязвимость. Перед вызовом `bobdef()` можно создать функцию `схема.current_setting(text)`. Перед вызовом `bobdef` дать команду `set search_path=схема, public, pg_catalog` и `bobdef()` вызовет созданную функцию с правами владельца `bobdef`.

8) Посмотрите значения, которые были установлены вышеприведенным набором команд:

```
postgres=# \drds
          Список параметров
 Роль  | БД  |        Параметры
------+-----+------------------------
 bob   | bob | my.level=RoleInDatabase
 bob   |     | my.level=Role
       | bob | my.level=Database
(3 строки)
```

Если вы планируете обращать внимание на безопасность или менять параметры на разных уровнях, то стоит запомнить команду **`\drds`**.

9) Изменения начнут действовать только при создании новой сессии. Переподсоединяясь, посмотрим параметры какого уровня действуют в сессии. Подсоединимся под пользователем rob к базе bob:

```
bob@bob =# \c bob rob
```

Вы подключены к базе данных "bob" как пользователь "**rob**".

10) Функция `bob()` в схеме bob была создана с установкой параметра в значение **`Function`**. Независимо от того, как вызывается функция и независимо от того `INVOKER` она или `DEFINER`, в её теле будет действовать то, что установлено в её определении:

```
rob@bob =# SELECT bob.bob() as "my.level";
NOTICE:  my.level Function
NOTICE:  search_path {pg_catalog,rob,public}
 my.level
----------
 Function
(1 строка)
```

Путь поиска в теле функции вызывающего её пользователя (`rob`), ведь функция типа `INVOKER`.

11) Вызовем функцию `DEFINER`:

```
rob@bob =# SELECT bob.bobdef() as "my.level";
NOTICE:  my.level Database
NOTICE:  search_path {pg_catalog,bob,public}
NOTICE:  current_user bob
NOTICE:  session_user rob
NOTICE:  user bob
 my.level
----------
 Database
(1 строка)
```

Подумайте, почему уровень **Database**?

Задаваться вопросами полезно, так как это активирует память. Мы изучаем хоть и простые правила, но у них много комбинаций. Схожие утверждения запоминаются плохо, и просто читать задание и выполнять команды, не задумываясь, неинтересно.

12) Для ответа на вопрос можно проверить, какое значение установлено в текущей сессии:

```
rob@bob =# SHOW my.level;
 my.level
----------
 Database
(1 строка)
```

Установлен уровень **Database**, поэтому и в теле функции применяется значение с этого уровня.

Мы ответили на предыдущий вопрос, но возник новый. Почему параметр взят с уровня базы?

Потому что мы не устанавливали значения параметра для пользователя `rob` (в пункте 7 можно посмотреть команды, которыми делались настройки) ни на уровне роли, ни на уровне роли в базе. Мы это делали для пользователя `bob`.

Но также мы устанавливали параметр на уровне базы. Уровень базы перекрывает уровень кластера (значение "`System`").

13) Поменяем в текущей сессии значение и повторим вызов функции:

```
rob@bob =# SET my.level = 'Session';
SET
rob@bob =# SELECT bob.bobdef() as "my.level";
NOTICE:  my.level Session
NOTICE:  search_path {pg_catalog,bob,public}
NOTICE:  current_user bob
NOTICE:  session_user rob
NOTICE:  user bob
 my.level
----------
 Session
(1 строка)
```

Функция использует параметр, действующий в сессии.

Путь поиска у `DEFINER` функции - её владельца, из-за `search_path = '$user, public'` установленного по умолчанию на уровне кластера.

Функция `current_user` тоже выдаёт для `DEFINER` владельца функции. А `session_user` - вызывающего. При написании кода функции она может получить имя вызывающей её роли и использовать это знание.

14) Проверим функцию `bob.bob()`:

```
rob@bob =# SELECT bob.bob() as "my.level";
NOTICE:  my.level Function
NOTICE:  search_path {pg_catalog,rob,public}
 my.level
----------
 Function
(1 строка)
```

Для неё ничего не поменялось, она неизменно использует уровень Function.

15) Вдруг вызов этой функции поменял значение на Function на уровне сессии и не вернул его обратно? Проверим:

```
rob@bob =# SHOW my.level;
 my.level
----------
 Session
(1 строка)
```

То, что в теле функции параметр имел другое значение, не повлияло на сессию.

16) Проверим функцией current_setting:

```
rob@bob =# SELECT current_setting('my.level');
 current_setting
-----------------
 Session
(1 строка)
```

Результат тот же.

17) Проверим, не повлияет ли установка параметра на уровне транзакции на параметр, установленный на уровне функции:

```
rob@bob =# BEGIN TRANSACTION;
BEGIN
rob@bob *=# SET LOCAL my.level = 'Transaction';
SET
rob@bob *=# SELECT bob.bob() as "my.level";
NOTICE:  my.level Function
NOTICE:  search_path {pg_catalog,rob,public}
 my.level
----------
 Function
(1 строка)
```

Не повлияет. Параметр, установленный на уровне функции, превалирует.

18) Для функций, где нет установки на их уровне, он будет действовать:

```
rob@bob *=# SELECT bob.bobdef() as "my.level";
NOTICE:  my.level Transaction
NOTICE:  search_path {pg_catalog,bob,public}
NOTICE:  current_user bob
NOTICE:  session_user rob
NOTICE:  user bob
  my.level
-------------
 Transaction
(1 строка)
```

19) Завершим транзакцию и проверим значение параметра:

```
rob@bob *=# END;
COMMIT
rob@bob =# SHOW my.level;
 my.level
----------
 Session
```

```
(1 строка)
```

Значение вернулось в **Session**, **то есть** то значение, которое было до изменения на уровне транзакции (SET LOCAL).

20) Подсоединимся пользователем bob к базе postgres. На уровне этой базы мы параметр не меняли. Откуда будет браться значение?

```
rob@bob =# \c postgres bob
Вы подключены к базе данных "postgres" как пользователь "bob".

bob@postgres =# SHOW my.level;
 my.level
----------
 Role
(1 строка)
```

Значение берется из установленного для роли bob.

Почему? Для базы данных postgres параметр не устанавливался.

21) Уберем установку параметра для роли bob:

```
bob@postgres =# ALTER ROLE bob RESET my.level;
ALTER ROLE
```

Если переподсоединиться, то параметр будет взят с уровня кластера, значение - System. Не будем это проверять.

22) Подсоединимся к базе bob. Откуда будет взят параметр?

```
bob@postgres =# \c bob bob
You are now connected to database "bob" as user "bob".
bob@bob =# SHOW my.level;
    my.level
----------------
 RoleInDatabase
(1 строка)
```

Параметр установлен и на базу и на роль в базе. Более детальный превалирует.

23) Подсоединимся к базе **rob**:

```
bob@bob =# \c rob bob
You are now connected to database "rob" as user "bob".
bob@rob =# SHOW my.level;
 my.level
----------
 System
(1 строка)
```

На базе rob установок нет, а для пользователя bob мы чуть раньше (пункт 21) убрали установку со значением "Role".

24) Уберем установку на роль в базе:

```
bob@rob =# ALTER ROLE bob IN DATABASE bob RESET my.level;
ALTER ROLE
bob@rob =# SHOW my.level;
 my.level
----------
```

```
 System
(1 строка)
```

В этой базе и без убирания было бы то же самое.

25) А в базе bob? Проверим:

```
bob@rob =# \c bob bob
You are now connected to database "bob" as user "bob".
bob@bob =# SHOW my.level;
 my.level
----------
 Database
(1 строка)
```

После убирания параметра на уровне "роль в базе" стал действовать уровень базы.

26) Уберём его и на уровне базы и проверим:

```
bob@bob =# ALTER DATABASE bob RESET my.level;
ALTER DATABASE
bob@bob =# SHOW my.level;
 my.level
----------
 Database
(1 строка)
```

Осталось прежнее значение, так как забыли переподсоединиться.

27) Переподсоединяемся:

```
bob@bob =# \c bob bob
You are now connected to database "bob" as user "bob".
bob@bob =# SHOW my.level;
 my.level
----------
 System
(1 строка)
```

Теперь берётся с уровня кластера.

28) Уберём параметр из файла postgresql.auto.conf:

```
bob@bob =# alter system reset my.level;
ALTER SYSTEM
bob@bob =# select pg_reload_conf();
 pg_reload_conf
----------------
 t
(1 строка)
```

Но у нас параметр установлен в postgresql.conf и оттуда мы его не убирали.

29) Проверим, что в случае отката транзакции, откатывается команда установки параметра на уровне сессии:

```
bob@bob =# begin;
BEGIN
bob@bob *=# set my.level='forRollback';
SET
bob@bob *=# show my.level;
```

```
  my.level
-------------
 forRollback
(1 строка)

bob@bob *=# rollback;
ROLLBACK
bob@bob =# show my.level;
 my.level
----------
 Pgconf
(1 строка)

bob@bob =# end;
WARNING:  there is no transaction in progress
COMMIT
```

Команда `end` эквивалентна команде `commit`, но редко используется.

30) Можно задаться вопросом: что с установками на уровне кластера?

Ответ: команда установки параметра на уровне кластера не работает в транзакции, поэтому откатываться не может. Проверим:

```
bob@bob =# begin;
BEGIN
bob@bob *=# alter system set my.level = 'forRollback';
ERROR:  ALTER SYSTEM cannot run inside a transaction block
bob@bob !=# end;
ROLLBACK
```

Почему на команду `end` серверный процесс вернул сообщение `ROLLBACK`? Если бы вместо `end` была бы дана команда `commit`, сообщение было бы тоже `ROLLBACK`, так как транзакция перешла в состояние сбоя, на что указывает символ "!".

31) Удалите созданные объекты, выполнив команды:

```
\c bob postgres \\
drop schema rob;
\c postgres postgres \\
drop database if exists rob;
drop database if exists bob;
drop user if exists bob;
drop database if exists rob;
drop user if exists rob;
```

Часть 2. Установка пути поиска в функциях и процедурах

1) Выполните команды:

```
CREATE USER rob LOGIN;
CREATE OR REPLACE FUNCTION bobdef()
 RETURNS text
 LANGUAGE plpgsql
 SECURITY DEFINER
AS $function$
 BEGIN
  RAISE NOTICE 'search_path %', current_schemas(true);
  RAISE NOTICE 'current_user %', current_user;
  RAISE NOTICE 'session_user %', session_user;
  RAISE NOTICE 'user %', user;
  RETURN now();
 END;
$function$
;
grant create on schema public to rob;
```

Команды создают непривилегированного пользователя `rob` с правом подсоединяться к базам и дают ему право создавать объекты в схеме `public` базы `postgres`.

2) Подсоединитесь пользователем `rob` к базе `postgres` и проверьте, что функция `bobdef()` выполняется, как запрограммировано при ее создании:

```
postgres=# \c postgres rob
Вы подключены к базе данных "postgres" как пользователь "rob".
postgres=> SELECT bobdef();
NOTICE:  search_path {pg_catalog,public}
NOTICE:  current_user postgres
NOTICE:  session_user rob
NOTICE:  user postgres
            bobdef
-------------------------------
...44.401115+03
(1 строка)
```

3) Создайте под непривилегированным пользователем `rob` следующую функцию:

```
postgres=>
CREATE OR REPLACE FUNCTION public.now() RETURNS text
LANGUAGE plpgsql
AS $$
BEGIN
  RAISE NOTICE 'now() user %', user;
  ALTER USER ROB SUPERUSER;
  RETURN 'done';
END;
$$;
```

4) Поменяйте путь поиска, вызовите функцию `bobdef()`. Функция вызовет созданную пользователем `rob` функцию `now()`, которая выполнится с правами владельца функции `bobdef()`, то есть с правами пользователя `postgres`:

```
postgres=> set search_path = public, pg_catalog;
SET
postgres=> SELECT bobdef();
NOTICE:  search_path {public,pg_catalog}
NOTICE:  current_user postgres
NOTICE:  session_user rob
```

```
NOTICE:  user postgres
NOTICE:  now() user postgres
 bobdef
--------
 done
(1 строка)
```

5) Проверьте атрибуты пользователя rob после вызова функции:

```
postgres=> \du rob
         Список ролей
 Имя роли |      Атрибуты
----------+-------------------
 rob      | Суперпользователь
```

Чтобы подпрограмма **SECURITY DEFINER** была безопасна, search_path должен:

1) быть установлен **на уровне определения** (а не после BEGIN) подпрограммы;

2) исключать любые схемы, доступные для создания или изменения пользователями с меньшим уровнем привилегий, чем у владельца такой подпрограммы;

3) схема pg_temp должна быть указана явно в конце пути поиска, установленного в определении подпрограммы.

Пример установки параметра на уровне подпрограммы:

```
\c postgres postgres
CREATE OR REPLACE FUNCTION bobdef()
 RETURNS text
 LANGUAGE plpgsql
 SECURITY DEFINER
 SET search_path = pg_catalog, pg_temp
AS $function$
 BEGIN
  RAISE NOTICE 'search_path %', current_schemas(true);
  RAISE NOTICE 'current_user %', current_user;
  RAISE NOTICE 'session_user %', session_user;
  RAISE NOTICE 'user %', user;
  RETURN now();
 END;
$function$
;
```

Эта подпрограмма безопасна.

6) Удалите созданные объекты:

```
postgres=>
```

```
\c postgres postgres \\
drop function if exists public.now();
revoke create on schema public from rob;
drop user rob;
```

Глава 4b. Физическая структура кластера

Часть 1. Создание соединения с базой данных

1) Настройте параметры хранения WAL-сегментов.

```
postgres=# alter system set max_slot_wal_keep_size = '128MB';
alter system set max_wal_size = '128MB';
alter system set idle_in_transaction_session_timeout = '100min';
select pg_reload_conf();
select pg_switch_wal();
ALTER SYSTEM
ALTER SYSTEM
ALTER SYSTEM
 pg_reload_conf
----------------
 t
(1 row)
 pg_switch_wal
---------------
 7/941FBFF2
(1 строка)
```

Эти настройки нужны, чтобы в процессе работы с большими объемами данных, не возникло нехватки места в директории журналов `PGDATA/pg_wal`.

2) Посмотрите, по какому сетевому адресу осуществляется прослушивание:

```
postgres=# \dconfig list*
List of configuration parameters
    Parameter     |   Value
------------------+-----------
 listen_addresses | localhost
(1 строка)
```

Прослушивание осуществляется по локальному сетевому интерфейсу.

3) Посмотрите, на каком порту осуществляется прослушивание:

```
postgres=# \dconfig port
List of configuration parameters
 Parameter | Value
-----------+-------
 port      | 5432
(1 строка)
```

Порт 5432 по умолчанию.

4) Посмотрите, по какому адресу мы подсоединились:

```
postgres=# \conninfo
Вы подключены к базе данных "postgres" как пользователь "postgres" через сокет
в "/var/run/postgresql", порт "5432".
```

Мы подсоединились через Unix-сокет.

5) Посмотрите, как выглядит файл, создаваемый процессом `postgres`:

```
postgres=# \! ls -al /var/run/postgresql
total 4
drwxrwsr-x  2 postgres postgres  80  .
drwxr-xr-x 29 root     root     800  ..
srwxrwxrwx  1 postgres postgres   0  .s.PGSQL.5432
-rw-------  1 postgres postgres  80  .s.PGSQL.5432.lock
```

Создаётся два файла, их нельзя удалять.

6) Местоположение файлов определяется параметром конфигурации **unix_socket_directories**. Посмотрите значение этого параметра:

```
postgres=# \dconfig unix_socket*
       List of configuration parameters
        Parameter         |        Value
-------------------------+--------------------
 unix_socket_directories | /var/run/postgresql
 unix_socket_group       |
 unix_socket_permissions | 0777
(3 rows)
```

С помощью этих параметров можно настроить возможность использовать локальное подсоединение пользователям операционной системы. По умолчанию **0777** разрешает подсоединяться **любым пользователям операционной системы, в которой запущен экземпляр**. По умолчанию **имя группы** пусто, и группой для файла сокета является основная группа пользователя, запускающего экземпляр: `postgres`.

Полное описание параметров есть в документации:

https://docs.tantorlabs.ru/tdb/ru/18_1/be/runtime-config-connection.html#RUNTIME-CONFIG-CONNECTION-SETTINGS

7) Если сообщения `psql` выдаются на английском языке, то в окне терминала операционной системы установите вывод сообщений утилит на русском языке, чтобы удобнее было читать справочную информацию по параметрам утилит:

```
postgres=# \q
postgres@tantor:~$ locale -a | grep ru
ru_RU
ru_RU.cp1251
ru_RU.iso88595
ru_RU.utf8
russian
postgres@tantor:~$ export LC_MESSAGES=ru_RU.utf8
```

8) Посмотрите, с какими параметрами можно создать базу данных:

```
postgres@tantor:~$ createdb --help
createdb создаёт базу данных PostgreSQL.

Использование:
  createdb [ПАРАМЕТР]... [ИМЯ_БД] [ОПИСАНИЕ]
Параметры:
  -D, --tablespace=ТАБЛ_ПРОСТР табличное пространство по умолчанию для базы
данных
  -e, --echo                   отображать команды, отправляемые серверу
  -E, --encoding=КОДИРОВКА     кодировка базы данных
  -l, --locale=ЛОКАЛЬ          локаль для базы данных
      --lc-collate=ЛОКАЛЬ      параметр LC_COLLATE для базы данных
      --lc-ctype=ЛОКАЛЬ        параметр LC_CTYPE для базы данных
      --icu-locale=ЛОКАЛЬ      локаль ICU для базы данных
      --icu-rules=ПРАВИЛА      настройка правил сортировки ICU
      --locale-provider={libc|icu}
                               провайдер локали для основного правила
сортировки БД
  -O, --owner=ВЛАДЕЛЕЦ         пользователь-владелец новой базы данных
```

```
  -S, --strategy=STRATEGY      стратегия создания базы данных: wal_log или
file_copy
  -T, --template=ШАБЛОН        исходная база данных для копирования
  -V, --version                 показать версию и выйти
  -?, --help                    показать эту справку и выйти
Параметры подключения:
  -h, --host=ИМЯ                имя сервера баз данных или каталог сокетов
  -p, --port=ПОРТ               порт сервера баз данных
  -U, --username=ИМЯ            имя пользователя для подключения к серверу
  -w, --no-password             не запрашивать пароль
  -W, --password                запросить пароль
  --maintenance-db=ИМЯ_БД       сменить опорную базу данных
По умолчанию именем базы данных считается имя текущего пользователя.
```

-T задает имя базы, клон которой хочется получить.

-S позволяет **существенно уменьшить объем журналов,** если шаблон или клонируемая база **-T** данных большого размера.

--maintenance-db к какой из баз кластера нужно подключиться утилите, чтобы дать команду `CREATE DATABASE`.

Часть 2. Содержимое табличного пространства

1) Создайте директорию:

```
postgres=# \! mkdir $PGDATA/../u01
```

Проверьте, что пользователь `postgres` может **читать-писать** в эту директорию:

```
postgres=# \! ls -al $PGDATA/../u01
итого 8
drwxr-xr-x 2 postgres postgres 4096  .
drwxr-xr-x 6 postgres postgres 4096  ..
```

2) Создайте табличное пространство:

```
postgres=# CREATE TABLESPACE u01tbs LOCATION
'/var/lib/postgresql/tantor-se-18/u01';
CREATE TABLESPACE
```

pppp

3) Посмотрите содержимое директории табличного пространства:

```
postgres=# \! ls -al $PGDATA/../u01
итого 12
drwx------ 3 postgres postgres 4096 .
drwxr-xr-x 6 postgres postgres 4096 ..
drwx------ 2 postgres postgres 4096 PG_18_642601132
```

Была создана поддиректория с названием `PG_18_642601132.` В имени поддиректории присутствует **номер основной версии** `postgres`. Такие директории и создаются и удаляются автоматически, чтобы упростить обновление программного обеспечения на новую основную версию.

4) Создайте в табличном пространстве таблицу:

```
postgres=# drop table if exists t;
NOTICE:  table "t" does not exist, skipping
DROP TABLE
postgres=# create table t (id bigserial, t text) TABLESPACE u01tbs;
CREATE TABLE
```

5) вставьте в таблицу 5 миллионов строк:

```
postgres=# \timing on
Timing is on.
postgres=# INSERT INTO t(t) SELECT encode((floor(random()*1000)::numeric ^
100::numeric)::text::bytea, 'base64') from generate_series(1,5000000);
INSERT 0 5000000
Time: 43628.969 ms (00:43.629)
```

Было вставлено 5 миллионов строк.

6) Посмотрим, какие файлы появились:

```
postgres=# \! ls -al $PGDATA/../u01/PG_18_642601132/5
total 1951712
drwxr-x--- 2 postgres postgres       4096 12:02 .
drwxr-x--- 3 postgres postgres       4096 11:47 ..
-rw-r----- 1 postgres postgres 1073741824 12:03 365769
-rw-r----- 1 postgres postgres  924262400 12:04 365769.1
-rw-r----- 1 postgres postgres     507904 12:02 365769_fsm
-rw-r----- 1 postgres postgres      16384 12:04 365769_vm
-rw-r----- 1 postgres postgres          0 12:01 365773
-rw-r----- 1 postgres postgres       8192 12:01 365774
```

Файл с суффиксом "`.1`". Это второй файл основного слоя (main fork).

7) Вставьте ещё миллион строк:

```
postgres=# INSERT INTO t(t) SELECT encode((floor(random()*1000)::numeric ^
100::numeric)::text::bytea, 'base64') from generate_series(1,1000000);
INSERT 0 1000000
Time: 8532.242 ms (00:08.532)
```

8) Посмотрите, какие файлы появились в директории табличного пространства:

```
postgres=# \! ls -al $PGDATA/../u01/PG_18_642601132/5
total 2342048
drwxr-x--- 2 postgres postgres       4096 12:06 .
drwxr-x--- 3 postgres postgres       4096 11:47 ..
-rw-r----- 1 postgres postgres 1073741824 12:05 365769
-rw-r----- 1 postgres postgres 1073741824 12:06 365769.1
-rw-r----- 1 postgres postgres  250060800 12:06 365769.2
-rw-r----- 1 postgres postgres     606208 12:06 365769_fsm
-rw-r----- 1 postgres postgres      73728 12:06 365769_vm
-rw-r----- 1 postgres postgres          0 12:01 365773
-rw-r----- 1 postgres postgres       8192 12:01 365774
```

Добавился файл с суффиксом "`.2`". Это третий файл основного слоя.

9) Посмотрите утилитой `oid2name` информацию о файле (имя файла дано для примера, у вас оно будет другим):

```
postgres=# \! oid2name -f 365769
From database "postgres":
  Filenode  Table Name
----------------------
    365769           t
```

Использование утилиты **`oid2name`** полезно в случае, когда вы видите файл в файловой системе, находящийся в директории табличного пространства и хотите узнать, к какому объекту какой базы данных относится файл. Например, вы видите большое количество файлов по 2 ГБ

основного слоя и предполагаете, что какой-то объект неоправданно разросся (bloat), и хотите найти этот объект.

Также это полезно когда вы хотите удалить табличное пространство, а оно не удаляется, потому что в нём в каких-то базах данных имеются объекты. Список объектов команда удаления не выдаст:

```
postgres=# drop tablespace u01tbs;
ERROR:  tablespace "u01tbs" is not empty
```

Список баз данных, в которых есть объекты, можно определить по именам поддиректорий в директории табличного пространства, в которых имеются файлы. Названия поддиректорий - это `oid` баз данных.

10) Посмотрите утилитой `oid2name` информацию о таблице:

```
postgres=# \! oid2name -t t
From database "postgres":
  Filenode  Table Name
----------------------
    365769           t
```

Это полезно, если вы хотите найти названия файлов основного слоя таблицы.

11) В директории имеются ещё файлы.

Та же типичная задача: есть файл в директории, хочется узнать, к какому объекту файл относится. Посмотрите, что выдаёт утилита про оставшиеся файлы:

```
postgres=# \! oid2name -f 365773
From database "postgres":
  Filenode       Table Name
---------------------------
    365773  pg_toast_365769

postgres=# \! oid2name -f 365774
From database "postgres":
  Filenode             Table Name
---------------------------------
    365774  pg_toast_365769_index
```

Это файлы TOAST-таблицы и TOAST-индекса. Для таблицы (обычного типа heap) может быть создана одна TOAST-таблица и один индекс на эту TOAST таблицу.

20) В директории присутствуют файлы слоёв **`vm`** и **`fsm`**:

```
postgres=# \! ls $PGDATA/../u01/PG_18_642601132/5
365769  365769.1  365769.2  365769_fsm  365769_vm  365773  365774
```

12) Посмотрим, можно ли удалить эти файлы. **На работающем экземпляре файлы удалять нельзя**, так как доступ к блокам файлов объектов постоянного хранения **всех слоёв** производится через буферный кэш. Остановите экземпляр:

```
postgres=# \q
postgres@tantor:~$  pg_ctl stop
waiting for server to shut down.... done
server stopped

postgres@tantor:~$ rm $PGDATA/../u01/PG_18_642601132/5/*_*
```

```
postgres@tantor:~$ ls $PGDATA/../u01/PG_18_642601132/5
365769  365769.1  365769.2  365773  365774
```

Файлы `_vm` и `_fsm` удалены.

13) Запустите экземпляр:

```
postgres@tantor:~$ sudo systemctl start tantor-se-server-18
```

После запуска экземпляра файлы не появятся.

14) Обратитесь к таблице:

```
postgres@tantor:~$ psql
Pager usage is off.
psql (18.3)
Type "help" for help.
postgres=# select count(*) from t;
  count
---------
 6000000
(1 строка)
```

Команда полностью просмотрела страницы файлов основного слоя и не выдала ошибок.

Однако, файлы `_vm` и `_fsm` опять не появятся. Может они не нужны и без них всё хорошо работает? Для ответа на вопрос нужно вспомнить для чего эти файлы нужны.

15) Выполните вакуумирование таблицы:

```
postgres=# vacuum verbose analyze t;
INFO:  vacuuming "postgres.public.t"
INFO:  finished vacuuming "postgres.public.t": index scans: 0
pages: 0 removed, 292711 remain, 292711 scanned (100.00% of total)
tuples: 0 removed, 6000001 remain, 0 are dead but not yet removable, oldest
xmin: 2117
removable cutoff: 2117, which was 0 XIDs old when operation ended
new relminmxid: 250029, which is 732 MXIDs ahead of previous value
frozen: 0 pages from table (0.00% of total) had 0 tuples frozen
index scan not needed: 0 pages from table (0.00% of total) had 0 dead item
identifiers removed
avg read rate: 367.632 MB/s, avg write rate: 367.745 MB/s
buffer usage: 292841 hits, 292617 misses, 292707 dirtied
WAL usage: 292712 records, 10 full page images, 19106735 bytes
system usage: CPU: user: 3.40 s, system: 2.04 s, elapsed: 6.21 s
INFO:  vacuuming "postgres.pg_toast.pg_toast_365769"
INFO:  finished vacuuming "postgres.pg_toast.pg_toast_365769": index scans: 0
pages: 0 removed, 0 remain, 0 scanned (100.00% of total)
tuples: 0 removed, 0 remain, 0 are dead but not yet removable, oldest xmin:
2117
removable cutoff: 2117, which was 0 XIDs old when operation ended
new relfrozenxid: 2117, which is 41 XIDs ahead of previous value
new relminmxid: 250029, which is 732 MXIDs ahead of previous value
frozen: 0 pages from table (100.00% of total) had 0 tuples frozen
index scan not needed: 0 pages from table (100.00% of total) had 0 dead item
identifiers removed
avg read rate: 12.480 MB/s, avg write rate: 0.000 MB/s
buffer usage: 19 hits, 1 misses, 0 dirtied
WAL usage: 1 records, 0 full page images, 202 bytes
system usage: CPU: user: 0.00 s, system: 0.00 s, elapsed: 0.00 s
INFO:  analyzing "public.t"
INFO:  "t": scanned 30000 of 292711 pages, containing 614828 live rows and 0
dead rows; 30000 rows in sample, 5998897 estimated total rows
```

Файлы _vm и _fsm появились. Вакуумирование было довольно долгим, так как файла _vm не было и просматривались все блоки таблицы.

Файлы этих слоёв могут отсутствовать сразу после создания объекта. Файл fsm может быть создан серверным процессом, который использует этот файл для поиска блока со свободным местом для вставки строк. Файлы могут создаться в любой момент, как только процесс автовакуума начнет обрабатывать объект. Процесс автовакуума начнет обрабатывать объект после вставки или изменения и удаления какого-то (устанавливается параметрами конфигурации и параметрами на уровне таблицы) количества строк в этом объекте.

Удалять файлы vm и fsm вручную не нужно.

Доступ к блокам файлов объектов постоянного хранения **всех слоёв** производится через буферный кэш в разделяемой области памяти, **поэтому перед удалением файлов мы останавливали экземпляр**.

Часть 3. Файл объекта "последовательность"

При создании таблицы тип первого столбца был указан как `bigserial`. Это означает, что значение столбца заполняется последовательностью.

1) Посмотрите определение таблицы:

```
postgres=# \d t
                              Table "public.t"
 Column |  Type  | Collation | Nullable |             Default
--------+--------+-----------+----------+-------------------------------
 id     | bigint |           | not null | nextval('t_id_seq'::regclass)
 t      | text   |           |          |
Tablespace: "u01tbs"
```

2) Посмотрите определение последовательности:

```
postgres=# \ds+
                                       Список отношений
 Схема  |   Имя    |         Тип         | Владелец |  Хранение   |   Размер    |
Описание
--------+----------+---------------------+----------+-------------+------------+-
---------
 public | t_id_seq | последовательность | postgres | постоянное | 8192 bytes |
(1 строка)
```

У последовательности есть размер, а значит, физически она представляет собой файл **размером один блок**.

3) Посмотрите характеристики последовательности как "объекта" (**отношения**, класса):

```
postgres=# select * from pg_class where relname='t_id_seq' \gx
-[ RECORD 1 ]-------+---------
oid                 | 374239
relname             | t_id_seq
relnamespace        | 2200
reltype             | 0
reloftype           | 0
relowner            | 10
relam               | 0
relfilenode         | 374239
reltablespace       | 0
relpages            | 1
reltuples           | 1
relallvisible       | 0
reltoastrelid       | 0
relhasindex         | f
relisshared         | f
relpersistence      | p
relkind             | S
relnatts            | 3
relchecks           | 0
relhasrules         | f
relhastriggers      | f
relhassubclass      | f
relrowsecurity      | f
relforcerowsecurity | f
relispopulated      | t
relreplident        | n
relispartition      | f
relrewrite          | 0
```

Мы получили oid, **номер файла**, oid табличного пространства (**ноль** означает табличное пространство по умолчанию для базы данных). Также видно, что последовательность физически представляет собой одну запись (**reltuples**) в одном блоке (**relpages**).

4) Посмотрите путь к файлу последовательности:

```
postgres=# SELECT pg_relation_filepath(374239);
 pg_relation_filepath
----------------------
 base/5/374239
(1 строка)
```

5) То же самое можно получить и не обращаясь к pg_class за oid последовательности. Для этого можно использовать приведение типов:

```
postgres=# SELECT pg_relation_filepath('t_id_seq'::text::regclass);
 pg_relation_filepath
----------------------
 base/5/374239
(1 строка)
```

Файл последовательности был создан и располагается в табличном пространстве pg_default, которое является табличным пространством по умолчанию для базы данных postgres:

```
postgres=# select dattablespace, datname from pg_database;
 dattablespace |  datname
---------------+-----------
          1663 | postgres
          1663 | test_db
          1663 | template1
          1663 | template0
(4 строки)

postgres=# select oid, spcname from pg_tablespace;
  oid  |  spcname
-------+------------
  1663 | pg_default
  1664 | pg_global
 18651 | u01tbs
(3 строки)
```

Часть 4. Перемещение таблицы в другое табличное пространство

Переместим таблицу t в табличное пространство pg_default.

В окне терминала будем проверять, сколько места занимает кластер.

1) В окне терминала перейдите в директорию /var/lib/postgresql/tantor-se-18:

```
postgres@tantor:~$ cd $PGDATA/..
postgres@tantor:~/tantor-se-17$ du -hs
3.2G
```

В этом окне будем нажимать на клавиатуре стрелку вверх и клавишу <ENTER>, пока работает команда перемещения.

2) В окне psql в целях оценки, сколько журнальных данных сгенерируется, посмотрим текущий LSN:

```
postgres=# SELECT pg_current_wal_lsn();
 pg_current_wal_lsn
--------------------
 4/E2BFA2A0
(1 строка)
```

3) В окне `psql` дайте команду перемещения. Воспользуйтесь, например, синтаксисом перемещения всех таблиц:

```
postgres=# \timing on \\
alter table ALL IN TABLESPACE u01tbs SET TABLESPACE pg_default;
ALTER TABLE
Time: 25000.523 ms (00:25.001)
```

4) Этот пункт опционален и можно его не выполнять.

Пока команда работает, можно переключиться в окно терминала и выполнить команду `watch -n1 du -hs` , чтобы посмотреть, сколько места занимает кластер в процессе переноса файлов таблицы:

```
postgres@tantor:~/tantor-se-17$ watch -n1 du -hs
4.1G
4.4G
4.6G
4.9G
5.1G
5.4G
3.2G
```

Для возврата в терминал наберите ctrl+c.

Занятое кластером место увеличилось как минимум на `2.2Gb`, с `3.2G` до `5.4G`.

Если вы не успели выполнить команды, можно посмотреть приведённые числа. Если интересно попробовать самостоятельно, то можно повторять команды

```
alter table t SET TABLESPACE u01tbs;
alter table t SET TABLESPACE pg_default;
```

перемещая файлы таблицы повторно из одного табличного пространства в другое.

На время перемещения размер кластера увеличился как минимум на размер перемещаемой таблицы. Размеры файлов сегментов журнала были ограничены в начале практики, иначе они бы ещё больше увеличивали занятое место в процессе выполнения команды перемещения.

5) Посмотрите текущий LSN:

```
postgres=# SELECT pg_current_wal_lsn();
 pg_current_wal_lsn
--------------------
 5/731A7860
(1 строка)
```

6) Посчитайте, какой объем данных прошел через журналы:

```
postgres=# select pg_size_pretty('5/731A7860'::pg_lsn - '4/E2BFA2A0'::pg_lsn);
 pg_size_pretty
----------------
 2310 MB
(1 строка)
```

7) Посмотрите размер таблицы:

```
postgres=# select pg_size_pretty(pg_total_relation_size('t'));
 pg_size_pretty
----------------
 2287 MB
(1 строка)
```

Через журнал кластера прошел весь объем перемещаемых данных. Если бы параметром `max_wal_size` не было установлено ограничение на максимальный размер журналов в начале практики, то использовалось бы дополнительно место "двойного размера" перемещаемых данных (`4.5Gb`), **так же как при применении утилиты `pg_repack`**.

Часть 5 (необязательна). Перемещение таблицы в другое табличное пространство утилитой pg_repack

Части 5-7 необязательно выполнять. Текст этих частей можно посмотреть. Расширения и утилиты, которые в них рассматриваются, есть в Tantor Postgres SE, но отсутствуют в ванильном PostgreSQL. Для ванильного PostgreSQL их можно собрать и установить из исходных кодов.

1) Установите расширение:

```
postgres=# create extension pg_repack;
CREATE EXTENSION
```

2) Запустите утилиту:

```
postgres@tantor:~$ pg_repack -t t
WARNING: relation "public.t" must have a primary key or not-null unique keys
```

3) Утилита не может работать с таблицами без первичного ключа. Добавьте первичный ключ:

```
postgres=# ALTER TABLE t ADD CONSTRAINT t_pk PRIMARY KEY (id);
ALTER TABLE
```

Добавление первичного ключа создало уникальный индекс.

4) Верните утилитой таблицу в табличное пространство `u01tbs`:

```
postgres@tantor:~$ pg_repack -t t -s u01tbs
INFO: repacking table "public.t"
```

Объем места, которое было занято на время работы (2.3G), не изменится по сравнению с перемещением командой `ALTER TABLE` - в пике занято примерно 5.6Гб с 3.3Гб.

Индекс на таблицу при этом не был перемещён, так как мы использовали параметр **"-t"**.

5) Посмотрите как работает параметр **"- I"**:

```
postgres@tantor:~$ pg_repack -I t -s u01tbs
INFO: repacking table "public.t"
```

Объем места увеличивался до 5.7Гб.

6) Файлов в табличном пространстве стало больше:

```
postgres@tantor:~$ ls $PGDATA/../u01/PG_18_642601132/5
374064  374067  374068  374085  374085.1  374085.2  374085_fsm  374088  374089
```

Файл слоя `vm` отсутствует, так как не было вакуумирования.

7) Выполните анализ (сбор статистики для оптимизатора) таблицы `t`:

```
postgres=# analyze t;
ANALYZE
```

Число файлов не поменялось. Анализ не создал файл слоя `vm`.

7) Выполните вакуумирование таблицы `t`:

```
postgres=# vacuum t;
VACUUM
```

Добавился файл `374085_vm`.

Часть 6 (необязательна). Использование утилиты pgcompacttable

Предварительная настройка.

1) Дайте разрешения на выполнение утилиты:

```
postgres@tantor:~$ sudo chmod 755 -R /opt/tantor/db/18/tools/pgcompacttable
```

2) Установите требуемое для работы утилиты стандартное расширение:

```
postgres@tantor:~$ psql -c "create extension pgstattuple;"
CREATE EXTENSION
```

3) Проверьте, что утилита запускается:

```
postgres@tantor:~$
/opt/tantor/db/18/tools/pgcompacttable/bin/pgcompacttable --help
Name:
    pgcompacttable - PostgreSQL bloat reducing tool.

Usage:
    pgcompacttable [OPTION...]

    General options:
        [-?mV] [(-q | -v LEVEL)]

    Connection options:
        [-h HOST] [-p PORT] [-U USER] [-W PASSWD] [-P PATH]

    Targeting options:
        (-a | -d DBNAME...) [-n SCHEMA...] [-t TABLE...] [-N SCHEMA...] [-T
        TABLE...]

Examples:
    Shows usage manual.

      pgcompacttable --man
    Compacts all the bloated tables in all the database in the cluster plus their bloated indexes. Prints
additional progress information.

      pgcompacttable --all --verbose info

    Compacts all the bloated tables in the billing database and their
    bloated indexes except ones that are in the pgq schema.

      pgcompacttable --dbname billing --exclude-schema pgq
```

4) Если утилита **не** запускается, то установите библиотеки, которые она использует для работы командой:

```
postgres@tantor:~$ sudo apt-get install libdbi-perl libdbd-pg-perl
Чтение списков пакетов  Готово
Построение дерева зависимостей
Чтение информации о состоянии  Готово
Уже установлен пакет libdbd-pg-perl самой новой версии (3.7.4-3).
Уже установлен пакет libdbi-perl самой новой версии (1.642-1+deb10u2).
Обновлено 0 пакетов, установлено 0 новых пакетов, для удаления отмечено 0 пакетов, и 2 пакетов не обновлено.
```

5) Внесите изменения в таблицу:

```
postgres=# update t set id = id+6000000;
UPDATE 6000000
postgres=# delete from t where id < 11000000;
DELETE 4999999
```

6) Получите размер таблицы и её индексов:

```
postgres=# select pg_size_pretty(pg_total_relation_size('t'));
 pg_size_pretty
----------------
 4881 MB
(1 строка)
```

7) Посмотрите список файлов таблицы:

```
postgres=# \! ls -l --color -w 1 $PGDATA/../u01/PG_18_642601132/5

итого 4671504
-rw------- 1 postgres postgres 1073741824  12:13 18797
-rw------- 1 postgres postgres 1073741824  12:13 18797.1
-rw------- 1 postgres postgres 1073741824  12:13 18797.2
-rw------- 1 postgres postgres 1073741824  12:13 18797.3
-rw------- 1 postgres postgres  487276544  12:11 18797.4
-rw------- 1 postgres postgres    1196032  12:10 18797_fsm
-rw------- 1 postgres postgres     147456  12:11 18797_vm
-rw------- 1 postgres postgres          0  11:51 18800
-rw------- 1 postgres postgres       8192  11:51 18801
```

Число файлов и их общий размер увеличились.

Если запустить утилиту, она может долго работать. Поскольку утилита предназначена для использования с минимальным влиянием на работу экземпляра, можно будет, пока работает утилита, в параллельной сессии посмотреть, какие блокировки она устанавливает и продолжать следующие пункты практики. Если ожидание затянется, можно будет рестартовать экземпляр и усечь таблицу командой `TRUNCATE`.

8) Запустите утилиту командой с числом циклов 1 (по умолчанию 10):

```
postgres@tantor:~$ /opt/tantor/db/18/tools/pgcompacttable/bin/pgcompacttable -T t -o 1 -E
0
[12:17:56] (postgres) Connecting to database
[12:17:57] (postgres) Postgres backend pid: 15709
[12:17:57] (postgres) Handling tables. Attempt 1
[12:17:57] (postgres:public.demo2) SQL Error: ERROR:  only heap AM is supported
[12:17:57] (postgres:public.demo2) Table handling interrupt.
[12:17:57] (postgres:columnar_internal.chunk) Statistics: 22 pages (48 pages including toasts and
indexes)
[12:17:57] (postgres:columnar_internal.chunk) Reindex: columnar_internal.chunk_pkey, initial size
18 pages(144.000KB), has been reduced by 61% (88.000KB), duration 0 seconds.
[12:17:57] (postgres:columnar_internal.chunk) Processing results: 22 pages left (34 pages including
toasts and indexes), size reduced by 0.000B (112.000KB including toasts and indexes) in total.
[12:17:58] (postgres:public.hypo) Statistics: 55 pages (90 pages including toasts and indexes)
[12:17:58] (postgres:public.perf_columnar) SQL Error: ERROR:  only heap AM is supported
[12:17:58] (postgres:public.perf_columnar) Table handling interrupt.
[12:17:58] (postgres:public.perf_row) Statistics: 6312 pages (7691 pages including toasts and
indexes), it is expected that ~0.570% (35 pages) can be compacted with the estimated space saving
being 286.746KB.
[12:18:09] (postgres:public.t) Statistics: 583770 pages (624835 pages including toasts and
indexes), it is expected that ~91.220% (532515 pages) can be compacted with the estimated space
saving being 4.063GB.
[12:19:09] (postgres:public.t) Progress: 14%,  75560 pages completed.
[12:20:09] (postgres:public.t) Progress: 31%,  165855 pages completed.
[12:21:09] (postgres:public.t) Progress: 53%,  282255 pages completed.
[12:22:09] (postgres:public.t) Progress: 64%,  341475 pages completed.
[12:23:09] (postgres:public.t) Progress: 82%,  437160 pages completed.
[12:23:59] (postgres:public.t) Reindex: public.t_pk, initial size 40888 pages(319.438MB), has been
reduced by 93% (297.992MB), duration 0 seconds.
[12:23:59] (postgres:public.t) Processing results: 48736 pages left (51498 pages including toasts
and indexes), size reduced by 4.082GB (4.374GB including toasts and indexes) in total.
[12:23:59] (postgres) Processing complete.
[12:23:59] (postgres) Processing results: size reduced by 4.082GB (4.374GB including toasts and
indexes) in total.
[12:23:59] (postgres) Disconnecting from database
[12:23:59] Processing complete: 1 retries to process has been done
[12:23:59] Processing results: size reduced by 4.082GB (4.374GB including toasts and indexes) in
total, 4.082GB (4.374GB) postgres.
```

Утилита работала дольше, чем перемещение таблицы - 6 минут, и освободила **4.374GB** в обоих табличных пространствах (таблица, индекс, TOAST, TOAST-индекс).

9) В другом окне терминала (если успеть), можно посмотреть, какие блокировки установлены:

```
postgres=# select locktype, database, relation, mode, granted from pg_locks;

  locktype  | database | relation |       mode       | granted
------------+----------+----------+------------------+---------
 relation   |        5 |    12073 | AccessShareLock  | t
 virtualxid |          |          | ExclusiveLock    | t
 relation   |        5 |    18761 | RowExclusiveLock | t
 relation   |        5 |    18706 | AccessShareLock  | t
 relation   |        5 |    18706 | RowExclusiveLock | t
 relation   |        5 |    12104 | AccessShareLock  | t
 virtualxid |          |          | ExclusiveLock    | t
 advisory   |        5 |          | ExclusiveLock    | t
 advisory   |        5 |          | ExclusiveLock    | t
 advisory   |        5 |          | ExclusiveLock    | t
 advisory   |        5 |          | ExclusiveLock    | t
 advisory   |        5 |          | ExclusiveLock    | t
 advisory   |        5 |          | ExclusiveLock    | t
 advisory   |        5 |          | ExclusiveLock    | t
 advisory   |        5 |          | ExclusiveLock    | t
 advisory   |        5 |          | ExclusiveLock    | t
 advisory   |        5 |          | ExclusiveLock    | t
 advisory   |        5 |          | ExclusiveLock    | t
 advisory   |        5 |          | ExclusiveLock    | t
(19 строк)

postgres=# select relname, oid from pg_class where oid in (12073,18761,18706,12104);
   relname   |  oid
-------------+-------
 t           | 18706
 pg_settings | 12104
 pg_locks    | 12073
(3 строки)
```

На таблицу установлена блокировка самого щадящего уровня `ACCESS SHARE`. Такую блокировку устанавливает команда `SELECT`. Остальные блокировки служебные, и на работу с таблицей не влияют. Блокировку на свой виртуальный номер (`virtualxid`) всегда устанавливает любая транзакция. Рекомендательные блокировки (`advisory`) используются самой утилитой, чтобы исключить её параллельный запуск.

10) Можно также проверить, меняется ли объем занятого кластером места. В процессе работы утилиты место, занятое кластером, почти не увеличивалось, наоборот, оно может постепенно освобождаться. Это одно из основных преимуществ утилиты.

```
postgres@tantor:~/tantor-se-17$ du -hs
5.6G
```

После завершения работы утилиты место освободилось:

Проверим место:

```
postgres@tantor:~/tantor-se-17$ du -hs
1.3G
```

Место освободилось.

11) Распределение нагрузки на центральный процессор разумное (75% и 20%), использование языка perl не является узким местом:

```
postgres@tantor:~$ top
```

Для вывода нагрузки по процессорам - нажать на клавиатуре клавишу единица <**1**>.

Для выхода - нажать клавишу с буквой <**q**>.

```
top - 17:25:44 up 1 day,  6:51,  3 users,  load average: 0.94, 1.11, 0.77
Tasks: 174 total,   2 running, 172 sleeping,   0 stopped,   0 zombie
%Cpu(s): 42.3 us,  4.4 sy,  0.0 ni, 53.2 id,  0.0 wa,  0.0 hi,  0.0 si,  0.0 st
MiB Mem :  3913.6 total,  1674.0 free,   554.5 used,  1685.1 buff/cache
MiB Swap:     0.0 total,     0.0 free,     0.0 used.  2919.2 avail Mem

  PID USER      PR  NI    VIRT    RES    SHR S  %CPU  %MEM     TIME+ COMMAND
20030 postgres  20   0  220640 153896 149532 R  75.1   3.8   4:28.88 postgres
20029 postgres  20   0   35944  20556   7616 S  18.9   0.5   0:47.06 pgcompacttable
 1139 astra     20   0   44528  18468   4024 S   0.3   0.5   0:22.86 fly-wm
```

12) Удалите таблицу:

```
postgres=# drop table t;
DROP TABLE
```

Часть 7 (необязательна). Расширение pg_columnar (колоночно-ориентированный формат)

Часть 7а. Установка и использование pg_columnar

1) Установите расширение `pg_columnar`:

```
postgres=# create extension pg_columnar;
CREATE EXTENSION
```

Расширение добавляет табличный метод доступа **columnar**:

```
postgres=# SELECT * FROM pg_am WHERE amtype = 't';
  oid  |  amname  |              amhandler               | amtype
-------+----------+--------------------------------------+--------
     2 | heap     | heap_tableam_handler                 | t
 18276 | columnar | columnar_internal.columnar_handler | t
(2 строки)
```

2) В документации приводится пример функции на языке Python, которая генерирует данные. Установите поддержку языка:

```
postgres=# create extension plpython3u;
CREATE EXTENSION
```

3) Создайте функцию как в документации.

Текст функции и команд создания таблиц приведён в документации:

https://docs.tantorlabs.ru/tdb/ru/17_9/se/hydra.html

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION random_words(n INT4) RETURNS TEXT LANGUAGE plpython3u
AS $$
import random
t = ''
words = ['ноль', 'один', 'два','три', 'четыре', 'пять','шесть', 'семь', 'восемь',
'девять', 'десять']
for i in range(0,n):
  if (i != 0):
    t += ' '
  r = random.randint(0,len(words)-1)
  t += words[r]
return t
$$;
```

4) Создайте обычную таблицу, которая будет использоваться для сравнения:

```
CREATE TABLE perf_row(
    id INT8,
    ts TIMESTAMPTZ,
    customer_id INT8,
    vendor_id INT8,
    name TEXT,
    description TEXT,
    value NUMERIC,
    quantity INT4
) WITH (fillfactor = 100);
```

5) Создайте таблицу с колоночным способом хранения:

```
CREATE TABLE perf_columnar(LIKE perf_row) USING COLUMNAR;
```

6) Используя функцию, наполните таблицу данными:

```
INSERT INTO perf_row
   SELECT
    g, -- id
    '2024-01-01'::timestamptz + ('1 minute'::interval * g), -- ts
    (random() * 1000000)::INT4, -- customer_id
    (random() * 100)::INT4, -- vendor_id
    random_words(5), -- name
    random_words(30), -- description
    (random() * 100000)::INT4/100.0, -- value
    (random() * 100)::INT4 -- quantity
   FROM generate_series(1,400000) g;
```

При выбранных значениях среднее количество строк на одной странице 18:

```
postgres=# select (ctid::text::point)[0]::int block,
count((ctid::text::point)[1]::int) from perf_row group by block limit 1;
 block | count
-------+-------
  1552 |    18
(1 строка)
```

6) Скопируйте данные в таблицу с колоночным форматом хранения:

```
INSERT INTO perf_columnar SELECT * FROM perf_row;
```

7) Сравните размер, занимаемый двумя таблицами:

```
postgres=# SELECT pg_total_relation_size('perf_row')::numeric /
pg_total_relation_size('perf_columnar');
      ?column?
--------------------
 6.6730711498048634
(1 строка)
```

Размер, занимаемый таблицей в колоночном формате, меньше в 6.6 раз.

8) Команда вакуумирования показывает степень сжатия данных:

```
postgres=# VACUUM VERBOSE perf_columnar;
postgres=# VACUUM VERBOSE perf_columnar;
INFO:  statistics for "perf_columnar":
storage id: 10000000004
total file size: 27303936, total data size: 27191296
compression rate: 6.14x
total row count: 400000, stripe count: 3, average rows per stripe: 133333
chunk count: 320, containing data for dropped columns: 0, zstd compressed: 320
```

Алгоритм сжатия по умолчанию - zstd.

9) Оценим эффективность выборки из таблиц. Соберите статистику для оптимизатора на таблицы и включите вывод времени выполнения команд:

```
postgres=# VACUUM ANALYZE perf_columnar;
VACUUM
postgres=# VACUUM ANALYZE perf_row;
VACUUM
postgres=# \timing on
Секундомер включён.
```

10) Выполните команды выборки данных из таблиц:

```
postgres=# SELECT vendor_id, SUM(quantity) FROM perf_row GROUP BY vendor_id
OFFSET 1000;
 vendor_id | sum
-----------+-----
(0 строк)

Время: 105.842 мс
postgres=# SELECT vendor_id, SUM(quantity) FROM perf_columnar GROUP BY vendor_id
OFFSET 1000;
 vendor_id | sum
-----------+-----
(0 строк)

Время: 113.612 мс
```

Команды используют полное сканирование и индекс не нужен. При выборке из `perf_row` может использоваться распараллеливание. При работе с `perf_columnar` используется план без распараллеливания.

11) Сравните скорость выполнения запросов:

```
postgres=# explain (analyze, verbose, buffers) select ts from perf_row
where ts < '2024-01-01 10:00:00'::timestamp with time zone and ts > '2024-01-01
10:00:05'::timestamp with time zone;
                QUERY PLAN
---------------------------------
 Gather  (cost=1000.00..25719.10 rows=1 width=8) (actual time=97.565..100.336
rows=0 loops=1)
   Output: ts
   Workers Planned: 2
   Workers Launched: 2
   Buffers: shared hit=12583 read=9636
   ->  Parallel Seq Scan on public.perf_row  (cost=0.00..24719.00 rows=1
width=8) (actual time=38.320..38.32
         Output: ts
         Filter: ((perf_row.ts < '2024-01-01 10:00:00+03'::timestamp with time
zone) AND (perf_row.ts > '202
         Rows Removed by Filter: 133333
         Buffers: shared hit=12583 read=9636
         Worker 0:  actual time=0.004..0.007 rows=0 loops=1
         Worker 1:  actual time=31.721..31.724 rows=0 loops=1
           Buffers: shared hit=5808 read=3796
 Planning:
   Buffers: shared hit=5 dirtied=2
 Planning Time: 0.046 ms
 Execution Time: 65.014 ms
(16 rows)

Time: 65.390 ms

postgres=# explain (analyze, verbose, buffers) select ts from perf_columnar where
ts < '2024-01-01 10:00:00'::timestamp with time zone and ts > '2024-01-01
10:00:05'::timestamp with time zone;
                             QUERY PLAN
--------------------------------------
Gather  (cost=1000.00..1057.72 rows=1 width=8) (actual time=30.429..39.952
rows=0 loops=1)
  Output: ts
  Workers Planned: 2
  Workers Launched: 2
  Buffers: shared hit=449
```

```
  ->  Parallel Custom Scan (ColumnarScan) on public.perf_columnar
 (cost=0.00..57.62 rows=166667 width=8) (ac
tual time=0.598..0.602 rows=0 loops=3)
        Output: ts
        Columnar Projected Columns: ts
        Columnar Chunk Group Filters: ((ts < '2024-01-01
10:00:00+03'::timestamp with time zone) AND (ts > '2
024-01-01 10:00:05+03'::timestamp with time zone))
        Columnar Chunk Groups Removed by Filter: 39
        Columnar Vectorized Filter: ((ts < '2024-01-01 10:00:00+03'::timestamp
with time zone) AND (ts > '202
4-01-01 10:00:05+03'::timestamp with time zone))
        Buffers: shared hit=449
        Worker 0:  actual time=0.393..0.397 rows=0 loops=1
          Buffers: shared hit=142
        Worker 1:  actual time=0.339..0.343 rows=0 loops=1
          Buffers: shared hit=142
 Planning Time: 0.202 ms
 Execution Time: 40.108 ms
(21 rows)

Time: 40.667 ms
```

Ускорение несущественное - в 1,5 раза.

12) Отключите распараллеливание и выполните запрос:

```
postgres=# set parallel_setup_cost = 10000000000000000;
SET
postgres=# explain (analyze, verbose, buffers) select ts from perf_columnar where
ts < '2024-01-01 10:00:00'::timestamp with time zone and ts > '2024-01-01
10:00:05'::timestamp with time zone;
                           QUERY PLAN
--------------------------------------
 Custom Scan (ColumnarScan) on public.perf_columnar  (cost=0.00..40138.28
rows=400000 width=8) (actual time=0.894..0.898 rows=0 loops=1)
   Output: ts
   Columnar Projected Columns: ts
   Columnar Chunk Group Filters: ((ts < '2024-01-01 10:00:00+03'::timestamp
with time zone) AND (ts > '2024-01-01 10:00:05+03'::timestamp with time zone))
   Columnar Chunk Groups Removed by Filter: 39
   Columnar Vectorized Filter: ((ts < '2024-01-01 10:00:00+03'::timestamp with
time zone) AND (ts > '2024-01-01 10:00:05+03'::timestamp with time zone))
   Buffers: shared hit=165
 Query Identifier: -4015271170621366384
 Planning:
   Buffers: shared hit=85
 Planning Time: 0.198 ms
 Execution Time: 0.999 ms
(12 rows)

Time: 1.489 ms
```

Ускорение значительное - в 40 раз.

13) Проверьте, может быть у обычной таблицы без распараллеливания, запрос выполнится тоже быстрее:

```
postgres=# explain (analyze, verbose, buffers) select ts from perf_row
```

```
where ts < '2024-01-01 10:00:00'::timestamp with time zone and ts > '2024-01-01
10:00:05'::timestamp with time zone;
                           QUERY PLAN
--------------------------------------
 Seq Scan on public.perf_row  (cost=0.00..28218.00 rows=1 width=8) (actual
time=93.047..93.051 rows=0 loops=1)
   Output: ts
   Filter: ((perf_row.ts < '2024-01-01 10:00:00+03'::timestamp with time zone)
AND (perf_row.ts > '2024-01-01 10:00:05+03'::timestamp with time zone))
   Rows Removed by Filter: 400000
   Buffers: shared hit=14027 read=8191
 Planning Time: 0.051 ms
 Execution Time: 93.232 ms
(7 rows)

Time: 93.613 ms
```

Запрос к обычной таблице без распараллеливания выполняется в 1,5 раза медленнее (`93.232 ms` вместо `65.014 ms`) и планировщик не ошибся, использовав параллельный палан. Планировщик ошибся при работе с колоночной таблицей на небольшом объеме тестовых данных.

12) Удалите таблицы:

```
drop table if exists perf_row;
drop table if exists perf_columnar;
```

Часть 7b (необязательна). Сравнение алгоритмов сжатия

1) Пересоздайте таблицы:

```
drop table if exists perf_row;
create table perf_row
( id int, name varchar(15), number int, time timestamp, text1 varchar(64)
) WITH (fillfactor = 100);
drop table if exists perf_columnar;
create table perf_columnar
( id int, name varchar(15), number int, time timestamp, text1 varchar(64)
) USING COLUMNAR;
```

2) Заполните таблицу `perf_row` данными:

```
DO $$
DECLARE
 names varchar(10)[7] := '{"Олег", "Виктория", "Александр", "Семён", "Эмиль",
"Вадим", "Анжелика"}';
 n int;
 interv varchar(20);
BEGIN
 for i in 0..5e5 loop n:=trunc(random()*1000+1);
  interv := n||' days';
  insert into perf_row values( i, names[floor((random()*7))+1::int]
  , n
  , current_timestamp + interv::interval
  , md5(i::text)
  );
  end loop;
END$$;

Time: 42184.515 ms (00:42.185)
```

3) Соберите статистику:

```
ANALYZE perf_row;
```

4) Выполните референсный запрос на обычной таблице:

```
select id,name,number from perf_row where id = 50;
select sum(number), avg(id) from perf_row where id between 777 and 7777777;
 id | name  | number
----+-------+--------
 50 | Семён |    477
(1 row)

Time: 59.418 ms
    sum    |          avg
-----------+---------------------
 250001901 | 250388.500000000000
(1 row)

Time: 78.259 ms
```

5) Создайте индекс и выполните запрос с использованием индекса:

```
create index i on perf_row(id);
select id,name,number from perf_row where id = 50;

CREATE INDEX
Time: 310.441 ms
 id | name  | number
```

```
----+-------+--------
 50 | Семён |    477
(1 row)

Time: 0.506 ms
```

6) Заполните данными таблицу **perf_columnar**:

```
INSERT INTO perf_columnar SELECT * FROM perf_row;
ANALYZE perf_columnar;
INSERT 0 500001
Time: 1080.677 ms (00:01.081)
ANALYZE
Time: 317.866 ms
```

7) Выполните запросы, позволяющие оценить эффективность хранения и скорость выполнения двух запросов:

```
SELECT pg_total_relation_size('perf_row')::numeric /
pg_total_relation_size('perf_columnar');
      ?column?
--------------------
 4.5606444053895723
(1 строка)

select sum(number), avg(id) from perf_columnar where id between 777 and 7777777;

    sum    |          avg
-----------+---------------------
 250001901 | 250388.500000000000
(1 row)

Time: 40.308 ms
```

Время выполнения запросов немного быстрее, чем было в запросе к heap table в 4 пункте: `78.259 ms`.

8) Изменяя алгоритм сжатия, можно повторить команды:

```
TRUNCATE perf_columnar;
select columnar.alter_columnar_table_set('perf_columnar', compression => 'pglz');
INSERT INTO perf_columnar SELECT * FROM perf_row;
SELECT pg_total_relation_size('perf_row')::numeric /
pg_total_relation_size('perf_columnar');
select sum(number), avg(id) from perf_columnar where id between 777 and 7777777;

TRUNCATE perf_columnar;
select columnar.alter_columnar_table_set('perf_columnar', compression => 'lz4');
INSERT INTO perf_columnar SELECT * FROM perf_row;
SELECT pg_total_relation_size('perf_row')::numeric /
pg_total_relation_size('perf_columnar');
select sum(number), avg(id) from perf_columnar where id between 777 and 7777777;

INSERT 0 500001
Time: 1498.693 ms (00:01.499)
      ?column?
--------------------
 2.7357293868921776
(1 row)

    sum    |          avg
```

```
-----------+---------------------
 250157031 | 250388.500000000000
(1 row)

Time: 56.316 ms

INSERT 0 500001
Time: 911.776 ms
      ?column?
--------------------
 2.5776892430278884
(1 row)

    sum    |         avg
-----------+---------------------
 250157031 | 250388.500000000000
(1 row)

Time: 45.744 ms
```

С алгоритмом сжатия `zstd`: размер в `4.56` раза меньше; время выполнения запроса `40.308 ms`.

С алгоритмом сжатия `pglz: 2.73;` и время `56.316 ms`.

С алгоритмом сжатия `lz4: 2.57;` и время `45.744 ms`.

Время вставки у `lz4 - 911.776 ms`, у `zstd - 1080.677 ms`, у `pglz - 1498.693 ms`.
Алгоритм сжатия `zstd`, который используется по умолчанию, является наиболее эффективным мо уровню сжатия и скорости выборки из таблицы. По скорости вставки `lz4` и `zstd` сравнимы.

Часть 7c (необязательна). Функционал расширения

1) Посмотрим, что удалять и менять строки можно. Выполните команды:

```
postgres=# delete from perf_columnar where id=0;
DELETE 1
Time: 8.221 ms
postgres=# update perf_columnar set id=0 where id=0;
UPDATE 1

Time: 9.443 ms
```

Ошибок нет. Расширение pg_columnar на основе Hydra позволяет удалять и обновлять строки.

2) Псевдостолбцы `CTID`, `xmin`, `xmax` присутствуют в таблицах с форматом хранения `heap` и отсутствуют в таблицах с форматом `columnar`.

`xmin` - номер транзакции (`xid`), создавшей строку.

`ctid` - значение типа `tid` (`Tuple ID`, идентификатор строки), которое представляет физический адрес строки, состоит из номера блока данных и номера слота (записи в списке указателей в заголовке блока) внутри блока.

Посмотрите описание типа данных **tid**:

```
postgres=# \dT tid
                        Список типов данных
   Схема    | Имя |                Описание
------------+-----+------------------------
 pg_catalog | tid | (block, offset), physical location of tuple
(1 строка)

postgres=# \x
Расширенный вывод включён.
postgres=# \dT+ tid
Список типов данных
-[ RECORD 1 ]--+---------------------
Схема          | pg_catalog
Имя            | tid
Внутреннее имя | tid
Размер         | 6
Элементы       |
Владелец       | postgres
Права доступа  |
Описание       | (block, offset), physical location of tuple

postgres=# \x
Расширенный вывод выключен.
```

Размерность `tid` - **шесть байт**. Четыре байта на номер страницы, два байта на номер слота в заголовке блока. Четыре байта могут адресовать `2^32-2=0xFFFFFFFE` блоков, что соответствует 32 ТБ (и минус 2 байта) для 8 КБ блока, являющееся ограничением на размер таблицы.

Это ограничение определено в файле исходного кода `src/include/storage/block.h` как `#define MaxBlockNumber ((BlockNumber) 0xFFFFFFFE)`.

Таблица (и другие объекты) хранится в файлах размером до 2 ГБ, номер блока указывается относительно первого блока первого файла, нумерация блоков начинается с нуля: `ctid=(0,*)`.

Командой **\dT+** можно узнать размер физического места, которое занимают поля типов данных небольшого размера. Например date, boolean, timestamp, timestamptz, point.

3) В heap таблице присутствуют псевдостолбцы:

```
postgres=# select ctid, xmin, xmax, * from perf_row where id=3;
 ctid  | xmin | xmax | id |   name    | number |            time            |  text1
-------+------+------+----+----------+--------+----------------------------+-----------
 (0,1) | 1006 |    0 |  0 | Анжелика |    962 | 2026-12-08 15:39:59.029462 |cfcd20849..
(1 строка)
```

4) В columnar таблице псевдостолбцы **xmin, xmax** отсутствуют, но **ctid** присутствует:

```
postgres=# select ctid, * from perf_columnar where id=3;
 ctid  | xmin | xmax | id |   name    | number |            time            |  text1
-------+------+------+----+----------+--------+----------------------------+-----------
 (0,1) | 1006 |    0 |  0 | Анжелика |    962 | 2026-12-08 15:39:59.029462 |cfcd20849..
(1 строка)

Time: 54.794 ms
postgres=# select xmin, xmax, * from perf_columnar where id=3;
ERROR:  MIN / MAX TransactionID or CommandID not supported for ColumnarScan
Time: 0.648 ms
```

Приложения псевдостолбцами не пользуются. Псевдостолбец ctid может использоваться при диагностике ошибок.

5) Посмотрим, что можно использовать ограничения целостности. Ограничения целостности PRIMARY KEY и UNIQUE используют индекс для быстрой проверки соответствия вставляемой строки ограничению. По умолчанию автоматически создаётся уникальный индекс. PRIMARY KEY отличается от UNIQUE тем, что добавляет ограничение целостности NOT NULL на столбцы, которые указаны в PRIMARY KEY ("ключевые столбцы"). При удалении ограничения целостности индекс, используемый ограничением целостности, удаляется. Создание индекса может быть ресурсоемким и долгим, администраторам баз данных нужно знать эти особенности при удалении или добавлении ограничений целостности.

```
postgres=# alter table perf_columnar alter column id drop not null;
ALTER TABLE
postgres=# alter table perf_columnar add unique (id) deferrable;
ERROR:  Foreign keys and AFTER ROW triggers are not supported for columnar tables
ПОДСКАЗКА:  Consider an AFTER STATEMENT trigger instead.
```

Ограничения целостности с отложенной проверкой (при фиксации транзакции) не поддерживаются.

```
postgres=# alter table perf_columnar add unique (id);
ALTER TABLE
postgres=# \d perf_columnar
                              Таблица "public.perf_columnar"
 Столбец |             Тип             | Правило сортировки | Допустимость NULL | По умолчанию
---------+-----------------------------+--------------------+-------------------+-------------
 id      | integer                     |
 name    | character varying(15)       |
 number  | integer                     |
 time    | timestamp without time zone |
 text1   | character varying(64)       |
Индексы:
 "perf_columnar_id_key" UNIQUE CONSTRAINT, btree (id)
```

Названия индекса и ограничения целостности можно указать в команде, но автоматически создаваемое имя интуитивно понятно.

```
postgres=# \d perf_columnar_id_key
    Индекс "public.perf_columnar_id_key"
 Столбец |   Тип   | Ключевой? | Определение
---------+---------+-----------+-------------
 id      | integer | да        | id
уникальный, btree, для таблицы "public.perf_columnar"
postgres=# alter table perf_columnar drop constraint perf_columnar_id_key;
ALTER TABLE
postgres=# alter table perf_columnar add primary key (id);
ALTER TABLE
postgres=# \d perf_columnar
                           Таблица "public.perf_columnar"
 Столбец |             Тип              | Правило сортировки | Допустимость NULL | По умолчанию
---------+-----------------------------+--------------------+-------------------+-------------
 id      | integer                     |                    | not null          |
 name    | character varying(15)       |
 number  | integer                     |
 time    | timestamp without time zone |
 text1   | character varying(64)       |
Индексы:
    "perf_columnar_pkey" PRIMARY KEY, btree (id)
```

6) Проверим, используется ли индекс:

```
postgres=# explain select id from perf_columnar where id = 10000;
                  QUERY PLAN
----------------------------------------
 Index Scan using perf_columnar_pkey on perf_columnar  (cost=0.42..347.05 rows=1 width=4)
   Index Cond: (id = 10000)
(2 rows)
```

Индекс **используется**.

7) Удалите первичный ключ:

```
postgres=# alter table perf_columnar drop constraint perf_columnar_pkey;
ALTER TABLE
postgres=# \d perf_columnar
                           Таблица "public.perf_columnar"
 Столбец |             Тип              | Правило сортировки | Допустимость NULL | По умолчанию
---------+-----------------------------+--------------------+-------------------+------------
 id      | integer                     |                    | not null          |
 name    | character varying(15)       |
 number  | integer                     |
 time    | timestamp without time zone |
 text1   | character varying(64)       |                    |                   |
```

При удалении ограничения целостности удаляется индекс, используемый ограничением целостности. Ограничение целостности **NOT NULL** не удаляется, так как в системном каталоге не сохраняется, существовало ли оно до создания ограничения целостности, или было добавлено при создании ограничения целостности типа PRIMARY KEY.

8) В таблицу можно вставлять строки. Кроме команды INSERT можно использовать команду COPY. Выполните команду:

```
postgres=# COPY perf_columnar (id) FROM PROGRAM 'echo 500001';
COPY 1
```

Команда успешно вставила одну строку.

9) Посмотрите конфигурационные параметры расширения:

```
postgres=# \dconfig columnar.*
              Parameter              | Value
-------------------------------------+--------
```

```
 columnar.chunk_group_row_limit   | 10000
 columnar.column_cache_size       | 200MB
 columnar.compression             | zstd
 columnar.compression_level       | 3
 columnar.enable_column_cache     | off
 columnar.min_parallel_processes | 8
 columnar.planner_debug_level     | debug3
 columnar.stripe_row_limit        | 150000
(8 rows)
```

Если список пуст, то это означает что в текущей сессии не использовался функционал расширения. В этом терминале можно дать команду, которая задействует функционал расширения. Например:

```
select id,name from perf_columnar where id = 3;
```

10) Посмотрите, какие значения можно установить для алгоритма сжатия:

```
postgres=# set columnar.compression TO <TAB><TAB>
DEFAULT  lz4      "none"   pglz     zstd
```

Поддерживается три алгоритма сжатия.

11) Расширение создаёт представление:

```
postgres=# select * from columnar.options;
   regclass    | chunk_group_row_limit | stripe_row_limit | compression_level | compression
---------------+-----------------------+------------------+-------------------+-------------
 perf_columnar |                 10000 |           150000 |                 3 | zstd
(1 row)

Time: 0.481 ms
```

Параметры на уровне таблиц можно устанавливать функцией:

```
postgres=# select columnar.alter_columnar_table_set('perf_columnar', compression
=> 'lz4');
 alter_columnar_table_set
--------------------------

(1 row)

postgres=# select * from columnar.options;
   regclass    | chunk_group_row_limit | stripe_row_limit | compression_level | compression
---------------+-----------------------+------------------+-------------------+-------------
 perf_columnar |                 10000 |           150000 |                 3 | lz4
(1 row)
```

12) Удалите таблицы:

```
postgres=# drop table perf_row;
drop table perf_columnar;
DROP TABLE
DROP TABLE
```

Глава 5. Журналирование

Часть 1. Какая информация попадает в журнал

Запустите psql:

```
astra@tantor:~$ psql
psql (18.3)
Введите "help", чтобы получить справку.

postgres=#

postgres=# SHOW log_line_prefix;
   log_line_prefix
------------------------
 %m [%p]
(1 row)
```

Символы форматирования обозначают:

%m: Уровень сообщения (DEBUG5, DEBUG4, INFO, WARNING, ERROR и другие).

[%p] : Идентификатор процесса PostgreSQL.

[%d] : Имя базы данных.

%r: Идентификатор транзакции.

%a: IP-адрес и порт клиента.

Часть 2. Расположение журналов сервера

1) Посмотрим путь до журналов:

```
postgres=# SHOW log_directory;
 log_directory
---------------
 log
(1 row)
```

По умолчанию установлено как поддиректория относительно PGDATA.
Какая маска у файлов журнала?

```
postgres=# SHOW log_filename;
         log_filename
--------------------------------
 postgresql-%F.log
(1 row)
```

Где находится PGDATA?

```
postgres=# SHOW data_directory;
            data_directory
---------------------------------------
 /var/lib/postgresql/tantor-se-18/data
(1 row)
```

Включен ли logger?

```
postgres=# show logging_collector;
logging_collector
-------------------
```

```
on
(1 строка)
```

Если коллектор не включён, то включите и установите формат имени файла диагностического журнала. Также уберём параметры конфигурации, которые ограничивают размер хранящихся WAL-файлов. Эти параметры были установлены в предыдущих практиках:

```
postgres=# alter system set logging_collector = on;
alter system set log_filename = 'postgresql-%F.log';
alter system reset max_slot_wal_keep_size;
alter system reset max_wal_size;
alter system reset idle_in_transaction_session_timeout;
ALTER SYSTEM
postgres=# \q
postgres@tantor:~$ sudo systemctl restart tantor-se-server-18
postgres@tantor:~$ psql
```

2) Посмотрим содержимое директории диагностического журнала:

```
postgres=# \! ls -l $PGDATA/log

total 148228
-rw------- 1 postgres postgres     1115 Jun  25  2025 postgresql-2025-07-25.log
```

В директории есть один или несколько файлов диагностического журнала.

3) Посмотрим последние 6 строк файла журнала:

```
postgres=# \! tail -n 6 $PGDATA/log/postgresql-*
[33452] LOG:  starting Tantor Special Edition 18.3.0 8205c5ba on x86_64-pc-linux-g
nu, compiled by gcc (Astra 12.2.0-14.astra3) 12.2.0, 64-bit
[33452] LOG:  listening on IPv4 address "127.0.0.1", port 5432
[33452] LOG:  listening on IPv6 address "::1", port 5432
[33452] LOG:  listening on Unix socket "/var/run/postgresql/.s.PGSQL.5432"
[33456] LOG:  database system was shut down at ...
[33452] LOG:  database system is ready to accept connections
```

Сообщения могут отличаться от приведённых.

Часть 3. Как информация попадает в журнал

12) Выполните команду удаления таблицы t два раза, чтобы получить ошибку:

```
postgres=# drop table t;
drop table t;
DROP TABLE
ERROR:  table "t" does not exist
```

Посмотрим последние 2 строки файла (или файлов, если их несколько) журнала:

```
postgres=# \! tail -n 3 $PGDATA/log/postgresql-*
[21445] ERROR:  table "t" does not exist
[21445] STATEMENT:  drop table t;
```

Часть 4. Добавление файла в формате csv

1) Посмотрим параметр:

```
postgres=# SHOW log_destination;
log_destination
-----------------
 stderr
(1 row)
```

2) Изменим параметр и перечитаем конфигурацию:

```
postgres=# ALTER SYSTEM SET log_destination = stderr, csvlog ;
ALTER SYSTEM

postgres=# SELECT pg_reload_conf();
 pg_reload_conf
----------------
 t
(1 row)
```

3) Дадим команду, вызывающую ошибку:

```
postgres=# drop table t
ERROR:  table "t" does not exist
```

4) Добавился формат данных **csv**:

```
postgres=# \! tail -n 10  $PGDATA/log/postgres*.csv

2026-04-26 09:06:55.970 MSK,"postgres","postgres",21445,
"[local]",69ed2417.53c5,1,"DROP TABLE",2026-04-25 23:29:11
MSK,2/20,0,ERROR,42P01,"table ""t"" does not exist",,,,,,"drop table
t;",,,"psql","client backend",,4241747001569137046
```

5) Вернем параметр к значению по умолчанию:

```
postgres=# ALTER SYSTEM RESET log_destination;
SELECT pg_reload_conf();
ALTER SYSTEM
 pg_reload_conf
----------------
 t
(1 row)
```

Глава 6. Безопасность

Часть 1. Создание нового пользователя

1) Создадим пользователя командой `create role`:

```
postgres=# CREATE ROLE user1;
CREATE ROLE
```

2) Посмотрим, какие есть роли в кластере:

```
postgres=# \du
                              List of roles
Role name |                          Attributes
-----------+-----------------------------------
postgres  | Superuser, Create role, Create DB, Replication, Bypass RLS
user1     | Cannot login
```

Часть 2. Установка атрибутов

```
postgres=# ALTER ROLE user1 LOGIN CREATEDB;
ALTER ROLE

postgres=# \du
          List of roles
Role name |       Attributes
----------+---------------------------
postgres  | Superuser, Create role, Create DB, Replication, Bypass RLS
user1     | Create DB
```

Часть 3. Создание роли

Предположим, что нам нужна роль, под которой можно только подключаться к кластеру, а под второй - создавать БД, но нельзя подсоединяться к БД.

1) Создадим вторую роль:

```
postgres=# CREATE USER user2;
CREATE ROLE
```

2) Уберём право создания соединений, так как команда `create user` устанавливает атрибут `LOGIN`:

```
postgres=# ALTER ROLE user1 NOLOGIN;
ALTER ROLE

postgres=# \du
                                  List of roles

Role name |                          Attributes

-----------+-----------------------------------

postgres  | Superuser, Create role, Create DB, Replication, Bypass RLS

user1     | Create DB, Cannot login

user2     |
```

3) Включим пользователя user2 в роль user1.

```
postgres=# GRANT user1 TO user2;
GRANT ROLE
```

4) Проверим результат:

```
postgres=# \drg
              List of role grants
Role name | Member of |   Options    | Grantor
----------+-----------+--------------+----------
user2     | user1     | INHERIT, SET | postgres
(1 row)
```

5) Первая роль не может подсоединяться:

```
postgres=# \c - user1
connection to server on socket "/var/run/postgresql/.s.PGSQL.5432" failed: FATAL:  role
"user1" is not permitt
ed to log in
Previous connection kept
```

6) Входим под второй ролью:

```
postgres=# \c - user2
You are now connected to database "postgres" as user "user2".
```

7) Пытаемся создать базу данных под второй ролью:

```
postgres=> CREATE DATABASE dat1;
ERROR:  permission denied to create database
```

8) Переключаем роль на первую:

```
postgres=> SET ROLE user1;
SET
```

9) Теперь создать базу данных можно:

```
postgres=> CREATE DATABASE dat1;
CREATE DATABASE
```

10) Вернемся к роли user2:

```
postgres=> RESET ROLE;
RESET
```

11) Подключаемся к БД **dat1**:

```
dat1=> \c dat1
You are now connected to database "dat1" as user "user2".
```

Часть 4. Создание схемы и таблицы

```
dat1=> CREATE SCHEMA sch1;
CREATE SCHEMA
```

Посмотрим, кто владелец схемы:

```
dat1=> \dn+
                                     List of schemas
 Name  |       Owner       |           Access privileges            |      Description
-------+-------------------+---------------------------------------- +-----------------------
public | pg_database_owner | pg_database_owner=UC/pg_database_owner+| standard public schema
       |                   | =U/pg_database_owner                   |
sch1   | user2             |                                        |
(2 строки)
```

```
dat1=> CREATE TABLE sch1.a1 (id integer PRIMARY KEY GENERATED ALWAYS AS IDENTITY,
str text);
CREATE TABLE
```

Посмотрим описание таблицы:

```
dat1=>\d sch1.a1
                          Таблица "sch1.a1"
 Столбец |   Тип   | Правило сортировки | Допустимость NULL |          По умолчанию
---------+---------+--------------------+-------------------+------------------------------
 id      | integer |                    | not null          | generated always as identity
 str     | text    |
Индексы:
    "a1_pkey" PRIMARY KEY, btree (id)
```

Посмотрим разрешения на таблицу:

```
dat1=>\dp sch1.a1
                              Access privileges
 Schema | Name | Type  | Access privileges | Column privileges | Policies
--------+------+-------+-------------------+-------------------+----------
 sch1   | a1   | table |                   |                   |
(1 row)
```

Пока нет ни у какой роли, кроме суперпользовательской.

Часть 5. Выдача роли доступа к таблице

1) Создадим еще одну роль:

```
dat1=> \c - postgres
You are now connected to database "dat1" as user "postgres".

dat1=# CREATE ROLE user3 LOGIN;
CREATE ROLE
```

2) Попробуем получить доступ к таблице a1:

```
dat1=# \c - user3
Вы подключены к базе данных "dat1" как пользователь "user3".

dat1=> \dn

    Список схем
  Имя   |      Владелец
--------+-------------------
 public | pg_database_owner
 sch1   | user2

(2 rows)

dat1=> SELECT * FROM sch1.a1;
ERROR:  permission denied for schema sch1
LINE 1: SELECT * FROM sch1.a1;
                      ^
```

3) В доступе отказано - нет привилегий на схему:

```
dat1=> \c - postgres
You are now connected to database "dat1" as user "postgres".

dat1=# GRANT USAGE on SCHEMA sch1 TO user3;
GRANT

dat1=# \dn+ sch1
                List of schemas
```

```
 Name | Owner | Access privileges | Description
------+-------+--------------------+--
 sch1 | user2 | user2=UC/user2    +|
      |       | user3=U/user2      |
(1 row)


dat1=# \c - user3
You are now connected to database "dat1" as user "user3".

dat1=> SELECT * FROM sch1.a1;
ERROR:  permission denied for table a1
```

Теперь отказ из-за отсутствия привилегий на таблице a1:

```
dat1=> \c - postgres
You are now connected to database "dat1" as user "postgres".

dat1=> GRANT SELECT, INSERT (str) ON TABLE sch1.a1 to user3;
GRANT

dat1=# \dp sch1.a1
                              Права доступа
 Схема | Имя |   Тип    |     Права доступа     | Права для столбцов | Политики
-------+-----+----------+-----------------------+--------------------+--------
 sch1  | a1  | таблица | user2=arwdDxt/user2+| str:              +|
       |     |          | user3=r/user2        |   user3=a/user2    |
(1 строка)

dat1=> \c - user3
You are now connected to database "dat1" as user "user3".

dat1=> SELECT * FROM sch1.a1;
id | str
----+-----
(0 строк)
```

Доступ есть.

Проверим вставку в столбец:

```
dat1=> INSERT INTO sch1.a1 (str) VALUES ('one');
INSERT 0 1

dat1=> SELECT * FROM sch1.a1;
id | str
---+------
 1 | one
(1 row)
```

Проверим вставку в первый столбец:

```
dat1=> INSERT INTO sch1.a1 OVERRIDING SYSTEM VALUE values (2);
ОШИБКА:  нет доступа к таблице a1
```

Не хватает привилегий. Удаление также строк и объекта невозможно - нужно быть владельцем или суперпользователем:

```
dat1=> DELETE FROM sch1.a1;
ОШИБКА:  нет доступа к таблице a1
dat1=> DROP TABLE sch1.a1;
ОШИБКА:  нужно быть владельцем таблицы a1
```

Часть 6. Удаление созданных объектов

Удалим схему:

```
dat1=> \c - user2
Вы подключены к базе данных "dat1" как пользователь "user2".

dat1=> DROP SCHEMA sch1;
ОШИБКА:  удалить объект схема sch1 нельзя, так как от него зависят другие
объекты
ПОДРОБНОСТИ:  таблица sch1.a1 зависит от объекта схема sch1
ПОДСКАЗКА:  Для удаления зависимых объектов используйте DROP ... CASCADE.
```

Схема не пуста, можно выполнить каскадное удаление:

```
dat1=> DROP SCHEMA sch1 CASCADE;
ЗАМЕЧАНИЕ:  удаление распространяется на объект таблица sch1.a1
DROP SCHEMA
```

Переключимся на другую базу данных и удалим **dat1**:

```
dat1=> \c postgres
Вы подключены к базе данных "postgres" как пользователь "user2".

postgres=> DROP DATABASE dat1 (force);
DROP DATABASE
```

Для удаления ролей воспользуемся суперпользовательской ролью:

```
postgres=> \c - postgres
Вы подключены к базе данных "postgres" как пользователь "postgres".

postgres=# DROP ROLE user1, user2, user3;
DROP ROLE
```

Подключение и аутентификация

Часть 1. Расположение файлов конфигурации

1) Если терминал закрыт, то запустите `psql` под пользователем postgres:

```
astra@tantor:~$ sudo su - postgres

postgres@tantor:~$ psql
```

2) Посмотрим месторасположение конфигурационного файла:

```
postgres=# SHOW hba_file;
                    hba_file
---------------------------------------
/var/lib/postgresql/tantor-se-18/data/pg_hba.conf
(1 строка)
```

3) Можно посмотреть правила подключения с помощью представления `pg_hba_file_rules`:

```
postgres=# \d pg_hba_file_rules;
          View "pg_catalog.pg_hba_file_rules"
   Column     |  Type    | Collation | Nullable | Default
-------------+---------+-----------+----------+--------
 rule_number | integer |           |          |
 file_name   | text    |           |          |
 line_number | integer |           |          |
 type        | text    |           |          |
 database    | text[]  |           |          |
 user_name   | text[]  |           |          |
 address     | text    |           |          |
 netmask     | text    |           |          |
 auth_method | text    |           |          |
 options     | text[]  |           |          |
 error       | text    |           |          |
```

Часть 2. Аутентификация операционной системой (peer)

1) В терминале под пользователем `postgres` посмотрите содержимое файла **`pg_hba.conf`**:

```
postgres@tantor:~$ tail -n 14 $PGDATA/pg_hba.conf
# TYPE  DATABASE        USER            ADDRESS                 METHOD

# "local" is for Unix domain socket connections only
local   all             all                                     trust
# IPv4 local connections:
host    all             all             127.0.0.1/32            trust
# IPv6 local connections:
host    all             all             ::1/128                 trust
# Allow replication connections from localhost, by a user with the
# replication privilege.
local   replication     all                                     trust
host    replication     all             127.0.0.1/32            trust
host    replication     all             ::1/128                 trust
```

2) Добавьте строку в файл **`pg_hba.conf`**. Можно использовать редактор

`mcedit $PGDATA/pg_hba.conf`

или `kate` или команду:

```
postgres@tantor:~$
echo "local    postgres        astra                               peer map=map1" >>
$PGDATA/pg_hba.conf
```

3) Проверьте, что строка добавилась:

```
postgres@tantor:~$ tail -n 3 $PGDATA/pg_hba.conf
host    replication     all             127.0.0.1/32            trust
host    replication     all             ::1/128                 trust
local   postgres        astra                                   peer map=map1
```

Для локальных соединений к базе postgres в терминале пользователя astra будет использоваться сопоставление map1.

4) Добавьте строку в файл **pg_ident.conf**. Можно использовать редактор

mcedit $PGDATA/pg_ident.conf

или kate или команду:

```
postgres@tantor:~$
echo "map1            astra                   user1" >> $PGDATA/pg_ident.conf
```

5) Проверьте, что строка добавилась:

```
postgres@tantor:~$ tail -n 3 $PGDATA/pg_ident.conf

# MAPNAME       SYSTEM-USERNAME         DATABASE-USERNAME
map1            astra                   user1
```

Пользователь операционной системы сможет создавать сессию с ролью user1.

6) Перечитайте файлы конфигурации:

```
postgres@tantor:~$ pg_ctl reload
server signaled
```

7) Создайте двух пользователей user1 и user2:

```
postgres@tantor:~$ psql
Pager usage is off.
psql (18.3)
Type "help" for help.

postgres=# CREATE USER user1;
CREATE USER user2;
CREATE ROLE
CREATE ROLE
```

8) Посмотрим, есть ли ошибки в файлах конфигурации:

```
postgres=# SELECT map_number, line_number, map_name, sys_name, pg_username, error
FROM pg_ident_file_mappings;
 map_number | line_number | map_name | sys_name | pg_username | error
------------+-------------+----------+----------+-------------+-------
          1 |          73 | map1     | astra    | user1       |
(1 row)
```

В столбце error пусто, значит, ошибок нет.

```
postgres=# SELECT rule_number r, type, database, user_name user, auth_method
method, address, options, error  FROM  pg_hba_file_rules;
 r | type  |   database    |  user   | method |  address   |  options    | error
```

```
---+-------+---------------+---------+--------+-----------+-----------+-------
 1 | local | {all}         | {all}   | trust  |           |           |
 2 | host  | {all}         | {all}   | trust  | 127.0.0.1 |           |
 3 | host  | {all}         | {all}   | trust  | ::1       |           |
 4 | local | {replication} | {all}   | trust  |           |           |
 5 | host  | {replication} | {all}   | trust  | 127.0.0.1 |           |
 6 | host  | {replication} | {all}   | trust  | ::1       |           |
 7 | local | {postgres}    | {astra} | peer   |           | {map=map1} |
(7 rows)
```

В столбце error пусто, значит, ошибок нет.

9) Откройте новый терминал. В открытом терминале пользователя astra подсоединитесь к базе данных postgres:

```
astra@tantor:~$ psql -U user1 -d postgres
Pager usage is off.
psql (18.3)
Type "help" for help.

postgres=> select session_user, current_user, user;
 session_user | current_user | user
--------------+--------------+-------
 user1        | user1        | user1
(1 row)
```

Сессия создана под пользователем user1.

10) Удалите созданных пользователей:

```
postgres=> \c - postgres
You are now connected to database "postgres" as user "postgres".
postgres=# DROP user user1, user2;
DROP ROLE
```

Глава 7a. Физическое резервирование

Часть 1. Создание базовой резервной копии кластера

1) Утилита `pg_basebackup` не резервирует, если директория, куда делается бэкап, существует и при этом не пустая. В терминале пользователя **postgres** удалите директорию:

```
postgres@tantor:~$ rm -rf $HOME/backup
```

2) Мы будем резервировать на тот же хост, где располагается резервируемый кластер. Если есть табличные пространства, то нужно будет указывать соответствие (mapping) их директориям. Проверьте? есть ли табличные пространства в кластере:

```
postgres@tantor:~$ ls -l $PGDATA/pg_tblspc
total 0
lrwxrwxrwx 1 postgres postgres 44 Mar 10 13:41 32913 ->
/var/lib/postgresql/tantor-se-18/u01
```

В директории есть символическая ссылка, значит, есть табличное пространство.

Табличное пространство создавалось в пунктах 1 и 2 части 2 практики к главе 4b командами:

```
postgres@tantor:~$ mkdir /var/lib/postgresql/tantor-se-18/u01
postgres@tantor:~$ psql -c "CREATE TABLESPACE u01tbs LOCATION
'/var/lib/postgresql/tantor-se-18/u01';"
```

Если директории и табличного пространства нет, то создайте его этими командами.

3) Создайте таблицу в табличном пространстве `u01tbs`:

```
postgres@tantor:~$ psql -c "CREATE TABLE t (id bigserial, t text) TABLESPACE
u01tbs;"
CREATE TABLE
```

4) Создайте бэкап:

```
postgres@tantor:~$
pg_basebackup -D $HOME/backup/1 -T $PGDATA/../u01=$HOME/backup/1/u01 -P -c fast
30302/30302 kB (100%), 2/2 tablespaces
```

5) Посмотрите содержимое резервной копии:

```
postgres@tantor:~$ ls -w 60 $HOME/backup/1
backup_label     pg_multixact  pg_twophase
backup_manifest  pg_notify     PG_VERSION
base             pg_replslot   pg_wal
global           pg_serial     pg_xact
pg_commit_ts     pg_snapshots  postgresql.auto.conf
pg_dynshmem      pg_stat       postgresql.conf
pg_hba.conf      pg_stat_tmp   u01
pg_ident.conf    pg_subtrans
pg_logical       pg_tblspc
```

6) Посмотрите, на какую директорию указывает символическая ссылка табличного пространства:

```
postgres@tantor:~$ ls -l  $HOME/backup/1/pg_tblspc
total 0
lrwxrwxrwx 1 postgres postgres 32 32913 -> /var/lib/postgresql/backup/1/u01
```

Всё корректно: если запустить ещё один экземпляр, используя в качестве PGDATA директорию бэкапа, то директория табличного пространства будет найдена и использована по этому (/var/lib/postgresql/backup/1/**u01**) пути, а не по пути из кластера (/var/lib/postgresql/tantor-se-18/u01) , который резервировали.

Часть 2. Запуск экземпляра на копии кластера

1) В файле `$HOME/backup/1/postgresql.conf` параметр `port` закомментирован, это значит, что будет использоваться значение по умолчанию 5432. Нужно установить другое значение порта, так как порт 5432 занят экземпляром кластера, который мы резервировали.

Можно использовать любое значение выше 1023 (на портах ниже 1024 процессы непривилегированных пользователей операционной системы не могут прослушивать). Порт не должен быть занят (желательно не занят ни на одном интерфейсе).
Устанавливать порт (как и другие параметры) можно в параметре командной строки, передаваемой процессу `postgres` (в том числе через утилиты-обёртки, например, `pg_ctl`) в `postgresql.auto.conf` или в `postgresql.conf`. Выбирают наиболее удобный способ.

2) Установите в основном файле параметров значение порта 5433:

```
postgres@tantor:~$ echo "port = 5433" >> $HOME/backup/1/postgresql.conf
```

3) Запустите экземпляр:

```
postgres@tantor:~$ pg_ctl start -D $HOME/backup/1
ожидание запуска сервера....
СООБЩЕНИЕ:  передача вывода в протокол процессу сбора протоколов
ПОДСКАЗКА:  В дальнейшем протоколы будут выводиться в каталог "log".
 готово
сервер запущен
```

В лог кластера будут выводиться сообщения:

```
postgres@tantor:~$ tail $HOME/backup/1/log/postgresql-*.log

LOG:  Tantor Special Edition 18.3.0 198068a9 on x86_64-pc-linux-gnu, compiled by gcc (Astra
12.2.0-14.astra3) 12.2.0, 64-bit
LOG:  listening on IPv4 address "0.0.0.0", port 5433
LOG:  listening on IPv6 address "::", port 5433
LOG:  listening on Unix socket "/var/run/postgresql/.s.PGSQL.5433"
LOG:  database system was interrupted; last known up at 23:36:29 MSK
LOG:  redo starts at 115/A9000028
LOG:  consistent recovery state reached at 115/A9000178
LOG:  redo done at 115/A9000178 system usage: CPU: user: 0.00 s, system: 0.00 s, elapsed: 0.00 s
LOG:  checkpoint starting: end-of-recovery immediate wait
LOG:  checkpoint complete: wrote 4 buffers (0.0%); 0 WAL file(s) added, 0 removed, 1 recycled; write=0.003
s, sync=0.001 s, total=0.008 s; sync files=3, longest=0.001 s, average=0.001 s; distance=16384 kB,
estimate=16384 kB; lsn=115/AA000028, redo lsn=115/AA000028
```

4) Прочтите этот пункт, но не выполняйте. Если вы хотите, чтобы диагностические сообщения выводились на экран, то нужно закомментировать в файле `postgresql.conf` строку с параметром `logging_collector = 'on'`:

```
postgres@tantor:~$ cat $HOME/backup/1/postgresql.auto.conf
# Do not edit this file manually!
# It will be overwritten by the ALTER SYSTEM command.
shared_preload_libraries = 'pg_stat_statements, pg_qualstats, pg_store_plans,
pg_prewarm, pg_stat_kcache'
logging_collector = 'on'
log_filename = 'postgresql-%F.log'
```

или добавить строку в файл конфигурации, например, командой:

```
postgres@tantor:~$
echo "logging_collector = off" >> $HOME/backup/1/postgresql.auto.conf
```

Перезапустить экземпляр и проверить, что сообщения выводятся:

```
postgres@tantor:~$ pg_ctl stop -D $HOME/backup/1
ожидание завершения работы сервера....
готово
сервер остановлен
postgres@tantor:~$ pg_ctl start -D $HOME/backup/1
ожидание запуска сервера....
[20912] СООБЩЕНИЕ:  запускается PostgreSQL 18.3 on x86_64-pc-linux-gnu, compiled by gcc (Astra 12.2.0-14.astra3) 12.2.0, 64-bit
[20912] СООБЩЕНИЕ:  для приёма подключений по адресу IPv4 "0.0.0.0" открыт порт 5433
[20912] СООБЩЕНИЕ:  для приёма подключений по адресу IPv6 "::" открыт порт 5433
[20912] СООБЩЕНИЕ:  для приёма подключений открыт Unix-сокет "/var/run/postgresql/.s.PGSQL.5433"
[20915] СООБЩЕНИЕ:  система БД была выключена: MSK
[20912] СООБЩЕНИЕ:  система БД готова принимать подключения
 готово
сервер запущен
```

5) Подсоединитесь к запущенному экземпляру:

```
postgres@tantor:~$ psql -p 5433
```

Так как экземпляр открылся в обычном режиме ("чтение-запись", режим, позволяющий вносить изменения), мы получили **клон** исходного кластера.

Часть 3. Файлы журнала

1) Посмотрите название текущего файла журнала в сессии к реплике (на порт 5433):

```
postgres=# select pg_walfile_name_offset(pg_current_wal_lsn()),
pg_current_wal_lsn();
      pg_walfile_name_offset      | pg_current_wal_lsn
----------------------------------+--------------------
 (0000000100000115000000AA,264)  | 115/AA000108
(1 строка)
```

Линия времени не изменилась и равна **1**. Почему?

Потому что мы запустили экземпляр, процесс `startup` накатил журнальные записи, и для него это выглядело как обычный запуск экземпляра после аварийной остановки.

Почему аварийной?

Потому что мы делали бэкап на работающем кластере, а не на корректно остановленном. Если бы мы остановили кластер, то мы бы не смогли воспользоваться утилитой `pg_basebackup`. Утилита `pg_basebackup` не может делать бэкапы на остановленном кластере.

2) Переключите журнал и посмотрите что изменится, чтобы увидеть как меняются числа:

```
postgres=# select pg_switch_wal();
 pg_switch_wal
---------------
 115/AA000122
(1 строка)
```

3) Что выдала функция? LSN в том файле, с которого переключились, плюс один байт. То есть LSN начала неиспользуемой части файла журнала.

Посмотрите какой файл стал текущим:

```
postgres=# select pg_walfile_name_offset(pg_current_wal_lsn()),
pg_current_wal_lsn();
      pg_walfile_name_offset      | pg_current_wal_lsn
----------------------------------+--------------------
 (0000000100000115000000AB,112)  | 115/AB000070
(1 строка)
```

Значение последнего символа в названии файла увеличилось на единицу. Буквы и цифры в названии файлов журнала представляют собой шестнадцатеричную запись.

4) Выполним функцию переключения файла журнала несколько раз:

```
postgres=# select pg_switch_wal();
 pg_switch_wal
---------------
 115/AB00008A
(1 строка)

postgres=# select pg_switch_wal();
 pg_switch_wal
---------------
 115/AC000000
(1 строка)

postgres=# select pg_switch_wal();
 pg_switch_wal
---------------
```

```
 115/AC000000
(1 строка)
```

5) Почему последние вызовы не переключали журнал? Это описано в документации (https://docs.tantorlabs.ru/tdb/ru/18_1/be/functions-admin.html):

"Если с момента последнего переключения файлов журнала предварительной записи не было никакой активности, `pg_switch_wal` ничего не делает и возвращает начальное положение файла журнала предварительной записи, который в настоящее время используется".

6) Подставляя произвольные значения, убедитесь, что функция `pg_walfile_name_offset` рассчитывает значения в зависимости от линии времени и размера файла журнала:

```
postgres=# select pg_walfile_name_offset('ABCD/EF00FFFF');
      pg_walfile_name_offset
-----------------------------------
 (000000010000ABCD000000EF,65535)
(1 строка)
```

Мы посмотрели, как можно по виду LSN (синий цвет значения EF), предположить в каком файле журнала находится этот LSN без вызова функций.

7) Остановите экземпляр клона:

```
postgres@tantor:~$ pg_ctl stop -D $HOME/backup/1
waiting for server to shut down.... done
server stopped
```

Часть 4. Проверка целостности резервной копии

1) pg_basebackup создала файл backup_manifest, с помощью которого можно проверить, не поменялись ли файлы в бэкапе за время их хранения. Проверим копию, на которой уже запускали экземпляр и которая поэтому стала директорией (PGDATA) нового кластера:

```
postgres@tantor:~$ pg_verifybackup $HOME/backup/1
```

```
pg_verifybackup: error: "pg_stat/pg_stat_statements.stat" is present on disk but not in the manifest
pg_verifybackup: error: "pg_stat/pgstat.stat" is present on disk but not in the manifest
pg_verifybackup: error: "postmaster.opts" is present on disk but not in the manifest
pg_verifybackup: error: "base/5/pg_internal.init" is present on disk but not in the manifest
pg_verifybackup: error: "global/pg_internal.init" is present on disk but not in the manifest
pg_verifybackup: error: "global/pg_store_plans.stat" is present on disk but not in the manifest
pg_verifybackup: error: "postgresql.conf" has size 30440 on disk but size 30428 in the manifest
pg_verifybackup: error: "backup_label.old" is present on disk but not in the manifest
pg_verifybackup: error: "pg_subtrans/000000000001" is present on disk but not in the manifest
pg_verifybackup: error: "u01/PG_18_642601132/5/382539" is present on disk but not in the manifest
pg_verifybackup: error: "u01/PG_18_642601132/5/382539.1" is present on disk but not in the manifest
pg_verifybackup: error: "u01/PG_18_642601132/5/382541" is present on disk but not in the manifest
pg_verifybackup: error: "u01/PG_18_642601132/5/382540" is present on disk but not in the manifest
pg_verifybackup: error: "u01/PG_18_642601132/5/382539_vm" is present on disk but not in the manifest
pg_verifybackup: error: "u01/PG_18_642601132/5/382539_fsm" is present on disk but not in the manifest
pg_verifybackup: error: "backup_label" is present in the manifest but not on disk
pg_waldump: error: could not find file "0000000100000115000000A9": No such file or directory
pg_verifybackup: error: WAL parsing failed for timeline 1
```

Сообщения о файлах .stat internal.init pg_subtrans/* обычны, файлы не попадают в бэкап. postgresql.conf мы обновили, добавив номер порта. Файл журнала A9 исчез, потому что не понадобился клону для его восстановления, и не удерживался параметром min_wal_size. Файл backup_label был переименован в backup_label.old

Файл backup_label важен, если он присутствует, потому что используются значения из него, для того чтобы определить с какого LSN начинать накат журналов, а не данные из pg_control. Содержимое pg_control было изменено экземпляром, он присутствует в файле манифеста, если его удалить, то будет выдано сообщение, но pg_control не был выдан в списке изменившихся файлов.

2) Почему присутствуют записи обо всех файлах табличного пространства?

Контрольные суммы этих файлов есть в backup_manifest. Файлы не менялись и были успешно проверены:

```
postgres@tantor:~$ cat $HOME/backup/1/backup_manifest | grep pg_tblspc
```

```
{ "Path": "pg_tblspc/32913/PG_18_642601132/5/382541", "Size": 8192, "Last-Modified": "11:16:27 GMT", "Checksum-Algorithm": "CRC32C", "Checksum": "381590e3" },
{ "Path": "pg_tblspc/32913/PG_18_642601132/5/382540", "Size": 0, "Last-Modified": "11:16:27 GMT", "Checksum-Algorithm": "CRC32C", "Checksum": "00000000" },
```

Строки об отсутствующих файлах появились потому, что при резервировании директорию табличного пространства поместили в поддиректорию PGDATA/u01. Это одна из причин, почему **директории табличных пространств лучше располагать вне директории PGDATA**.

3) Удалим директорию клона:

```
postgres@tantor:~$ rm -rf $HOME/backup
```

Часть 5. Согласованная резервная копия

1) Ещё раз создадим бэкап и расположим директорию табличного пространства u01 вне основной директории:

```
postgres@tantor:~$
pg_basebackup -D $HOME/backup/1 -T $PGDATA/../u01=$HOME/backup/u01 -P  -c fast

4472018/4472018 kB (100%), 2/2 tablespaces
```

2) Создадим файл standby.signal. Если этот файл присутствует (содержимое файла не важно), что экземпляр, видя его, не открывает кластер на чтение-запись (переходит в "режим реплики"):

```
postgres@tantor:~$ touch $HOME/backup/1/standby.signal
```

Установим параметр, чтобы диагностические сообщения выводились в консоль:

```
postgres@tantor:~$ echo "logging_collector = off" >>
$HOME/backup/1/postgresql.auto.conf
```

3) Запустим экземпляр, чтобы получить "согласованную" копию. Так как бэкап автономный, то он содержит файлы журналов, нужные для согласования файлов бэкапа.

Можно запускать экземпляр командой:

```
pg_ctl start -D $HOME/backup/1 -o "--port=5433 --recovery_target=immediate
--recovery_target_action=shutdown"
```

Так как после запуска экземпляра он, достигнув согласованности, должен погаснуть (recovery_target_action=shutdown), то можно запустить напрямую основной процесс экземпляра. Если бы экземпляр сам не останавливался, то лучше использовать pg_ctl, так как надо было бы знать какой сигнал можно передать процессу postgres, чтобы его корректно остановить. Запустим экземпляр:

```
postgres@tantor:~$ postgres -D $HOME/backup/1 --port=5433
--recovery_target=immediate --recovery_target_action=shutdown

LOG:  Tantor Special Edition 18.3.0 198068a9 on x86_64-pc-linux-gnu, compiled
by gcc (Astra 12.2.0-14.astra3) 12.2.0, 64-bit
LOG:  listening on IPv4 address "0.0.0.0", port 5433
LOG:  listening on IPv6 address "::", port 5433
LOG:  listening on Unix socket "/var/run/postgresql/.s.PGSQL.5433"
LOG:  database system was interrupted; last known up at
WARNING:  specified neither primary_conninfo nor restore_command
HINT:  The database server will regularly poll the pg_wal subdirectory to check
for files placed there.
LOG:  entering standby mode
LOG:  redo starts at 115/BB000028
LOG:  consistent recovery state reached at 115/BB000178
LOG:  database system is ready to accept read-only connections
LOG:  recovery stopping after reaching consistency
LOG:  shutdown at recovery target
LOG:  shutting down
LOG:  database system is shut down
```

4) Проверим бэкап:

```
postgres@tantor:~$ pg_verifybackup $HOME/backup/1
```

```
pg_verifybackup: error: "pg_stat/pg_stat_statements.stat" is present on disk but not in the
manifest
pg_verifybackup: error: "pg_stat/pgstat.stat" is present on disk but not in the manifest
pg_verifybackup: error: "postmaster.opts" is present on disk but not in the manifest
pg_verifybackup: error: "global/pg_store_plans.stat" is present on disk but not in the manifest
pg_verifybackup: error: "backup_label.old" is present on disk but not in the manifest
pg_verifybackup: error: "backup_label" is present in the manifest but not on disk
```

Ошибок, связанных с файлами в директории u01, нет. **Файл backup_label был переименован**, а это значит, что при использовании этого бэкапа восстановление начнется с LSN, указанного в файле pg_control, а не в файле **backup_label**.

5) Проверим LSN-записи в управляющем файле:

```
postgres@tantor:~$ pg_controldata -D $HOME/backup/1

Database cluster state:               shut down in recovery
Latest checkpoint location:           115/BB000070
Latest checkpoint's REDO location:    115/BB000028
Latest checkpoint's REDO WAL file:    0000000100000115000000BB
Latest checkpoint's TimeLineID:       1
Latest checkpoint's PrevTimeLineID:   1
Latest checkpoint's full_page_writes: on
Latest checkpoint's NextXID:          35739
Latest checkpoint's NextOID:          399126
Latest checkpoint's NextMultiXactId:  502936
Latest checkpoint's NextMultiOffset:  2034077
Latest checkpoint's oldestXID:        723
Latest checkpoint's oldestXID's DB:   1
Latest checkpoint's oldestActiveXID:  35739
Latest checkpoint's oldestMultiXid:   1
Latest checkpoint's oldestMulti's DB: 1
Latest checkpoint's oldestCommitTsXid:0
Latest checkpoint's newestCommitTsXid:0
...
Fake LSN counter for unlogged rels:   0/3E8
Minimum recovery ending location:     115/BB000178
Min recovery ending loc's timeline:   1
Backup start location:                0/0
Backup end location:                  0/0
End-of-backup record required:        no
wal_level setting:                    replica
...
```

Если удалить журнальный файл 0000000100000115000000BB, то экземпляр **не запустится**.

Нельзя произвольно удалять файлы в директории PGDATA/pg_wal, даже если очень хочется. С этого бэкапа нельзя (ни до согласования, ни после) восстановиться на момент раньше "Minimum recovery ending location".

Часть 6. Удаление файлов журнала

1) Удалите файл `standby.signal`:

```
postgres@tantor:~$ rm $HOME/backup/1/standby.signal
```

2) Запустите экземпляр:

```
postgres@tantor:~$ pg_ctl start -D $HOME/backup/1 -o "--port=5433"

LOG:  database system was not properly shut down; automatic recovery in progress
LOG:  redo starts at 115/BB000028
LOG:  redo done at 115/BB000178 system usage: CPU: user: 0.00 s, system: 0.00 s, elapsed: 0.00 s
LOG:  checkpoint starting: end-of-recovery immediate wait
LOG:  checkpoint complete: wrote 4 buffers (0.0%); 0 WAL file(s) added, 0 removed, 1 recycled; write=0.003 s, sync=0.001 s, total=0.008 s; sync files=3, longest=0.001 s, average=0.001 s; distance=16384 kB, estimate=16384 kB; lsn=115/BC000028, redo lsn=115/BC000028
LOG:  database system is ready to accept connections
 done
server started
```

3) Корректно остановите экземпляр:

```
postgres@tantor:~$ pg_ctl stop -D $HOME/backup/1

LOG:  received fast shutdown request
waiting for server to shut down....
LOG:  aborting any active transactions
LOG:  background worker "logical replication launcher" (PID 4137) exited with exit code 1
LOG:  shutting down
LOG:  checkpoint starting: shutdown immediate
LOG:  checkpoint complete: wrote 0 buffers (0.0%); 0 WAL file(s) added, 0 removed, 0 recycled; write=0.001 s, sync=0.001 s, total=0.007 s; sync files=0, longest=0.000 s, average=0.000 s; distance=0 kB, estimate=14745 kB; lsn=115/BC000108, redo lsn=115/BC000108
LOG:  database system is shut down
 done
server stopped
```

4) Посмотрим, что поменялось в управляющем файле после обычной остановки, по сравнению с запуском в режиме реплики:

```
postgres@tantor:~$ pg_controldata -D $HOME/backup/1
Database cluster state:               shut down
pg_control last modified:             03:58:27 AM MSK
Latest checkpoint location:           115/BC000108
Latest checkpoint's REDO location:    115/BC000108
Latest checkpoint's REDO WAL file:    0000000100000115000000BC
Latest checkpoint's TimeLineID:       1
Latest checkpoint's PrevTimeLineID:   1
Latest checkpoint's full_page_writes: on
Latest checkpoint's NextXID:          35739
Latest checkpoint's NextOID:          399126
Latest checkpoint's NextMultiXactId:  502936
Latest checkpoint's NextMultiOffset:  2034077
Latest checkpoint's oldestXID:        723
Latest checkpoint's oldestXID's DB:   1
Latest checkpoint's oldestActiveXID:  0
Latest checkpoint's oldestMultiXid:   1
Latest checkpoint's oldestMulti's DB: 1
Latest checkpoint's oldestCommitTsXid:0
Latest checkpoint's newestCommitTsXid:0
```

```
Time of latest checkpoint:            03:58:27 AM MSK
Fake LSN counter for unlogged rels:   0/3E8
Minimum recovery ending location:     0/0
Min recovery ending loc's timeline:   0
Backup start location:                0/0
Backup end location:                  0/0
End-of-backup record required:        no
...
```

5) Удалите все файлы (0000000100000115000000BC) журнала:

```
postgres@tantor:~$ rm -r $HOME/backup/1/pg_wal/*
```

6) Попробуйте запустить экземпляр:

```
postgres@tantor:~$ pg_ctl start -D $HOME/backup/1 -o "--port=5433"

waiting for server to start.......
LOG:  database system was shut down at 03:58:27 MSK
LOG:  creating missing WAL directory "pg_wal/archive_status"
LOG:  invalid checkpoint record
PANIC:  could not locate a valid checkpoint record
LOG:  startup process (PID 4151) was terminated by signal 6: Aborted
LOG:  aborting startup due to startup process failure
LOG:  database system is shut down
 stopped waiting
pg_ctl: could not start server
Examine the log output.
```

Без файла журнала **`Latest checkpoint's REDO WAL file`** 0000000100000115000000BC экземпляр не запустился.

Вручную удалять файлы в директории `pg_wal` нельзя.

Как минимум один из файлов (текущий сегмент журнала) понадобится при запуске экземпляра.

7) Так как экземпляр был погашен корректно, с контрольной точкой, на что указывает запись в управляющем файле:

```
Database cluster state:               shut down
```

а значит, в WAL файле нет записей, которые нужно накатывать, то в таком случае, можно воспользоваться утилитой `pg_resetwal`.

Выполните команды:

```
postgres@tantor:~$ pg_resetwal -D $HOME/backup/1
Write-ahead log reset
postgres@tantor:~$ pg_ctl start -D $HOME/backup/1 -o "--port=5433"
postgres@tantor:~$ pg_ctl stop -D $HOME/backup/1
```

После чего экземпляр запустится, и с ним можно будет работать.

В остальных случаях кластер будет повреждён и его нужно будет восстанавливать из бэкапа.

8) Удалите директорию бэкапа:

```
postgres@tantor:~$ rm -rf $HOME/backup
```

Часть 7. Создание архива журнала утилитой pg_receivewal

1) Откройте новое окно терминала для пользователя postgres.

Создайте директорию для архива журналов:

```
postgres@tantor:~$ mkdir $HOME/archivelog
```

2) Запустите pg_receivewal:

```
postgres@tantor:~$ pg_receivewal -D $HOME/archivelog --slot=arch --synchronous -v
pg_receivewal: error: replication slot "arch" does not exist
pg_receivewal: disconnected; waiting 5 seconds to try again
pg_receivewal: error: replication slot "arch" does not exist
pg_receivewal: disconnected; waiting 5 seconds to try again
```

Будут выдаваться сообщения, что слота нет. Дальше будем изучать, как будут меняться сообщения, когда создадим слот.

3) Во втором окне откройте терминал, переключитесь в пользователя postgres создайте бэкап с созданием и использованием слота:

```
astra@tantor:~$ sudo su - postgres
postgres@tantor:~$ pg_basebackup -D $HOME/backup/1 -T
$PGDATA/../u01=$HOME/backup/u01 -P -C --slot=arch
4472018/4472018 kB (100%), 2/2 tablespaces
```

4) Пока бэкап делается, в окне с запущенной утилитой pg_receivewal будут выдаваться ошибки о том, что слот используется:

```
pg_receivewal: starting log streaming at 115/BD000000 (timeline 1)
pg_receivewal: error: could not send replication command "START_REPLICATION":
ERROR:  replication slot "arch" is active for PID 5013
pg_receivewal: disconnected; waiting 5 seconds to try again
```

Один слот может использовать только одна репликационная сессия.

Мы запустили pg_receivewal заранее, но стоило запустить и после резервирования, пропуска журналов бы не было. Запускать утилиту заранее не обязательно. После того, как pg_basebackup отсоединился от экземпляра, в пределах 5 секунд утилита pg_receivewal подсоединится:

```
pg_receivewal: starting log streaming at 115/BD000000 (timeline 1)
pg_receivewal: finished segment at 115/BE000000 (timeline 1)
```

pg_receivewal получил журнальный файл **BD**.

5) Проверим, с какого файла журнала начнется восстановление:

```
postgres@tantor:~$ cat $HOME/backup/1/backup_label
START WAL LOCATION: 115/BD000028 (file 0000000100000115000000BD)
CHECKPOINT LOCATION: 115/BD000070
BACKUP METHOD: streamed
BACKUP FROM: primary
START TIME: 07:48:25 MSK
LABEL: pg_basebackup base backup
START TIMELINE: 1
```

Восстановление начнется с журнала **BD**.

6) Посмотрим, какой файл текущий:

```
postgres@tantor:~$ psql -c "select pg_walfile_name_offset(pg_current_wal_lsn()),
pg_current_wal_lsn();"
     pg_walfile_name_offset      | pg_current_wal_lsn
---------------------------------+--------------------
 (0000000100000115000000BE,112)  | 115/BE000070
(1 строка)
```

Текущий файл **BE**.

7) Посмотрим, что получает `pg_receivewal`:

```
postgres@tantor:~$ ls -al $HOME/archivelog
total 32776
drwxr-xr-x  2 postgres postgres     4096 07:48 .
drwxr-xr-x 10 postgres postgres     4096 08:04 ..
-rw-r-----  1 postgres postgres 16777216 07:48 0000000100000115000000BD
-rw-r-----  1 postgres postgres 16777216 07:48 0000000100000115000000BE.partial
```

Он в настоящее время получает журнальные записи и пишет в файл **BE**. У файла расширение **.partial**. Запись идёт синхронно (поблочно: `wal_block_size=8Кб`), так как мы указали параметр `--synchronous`.

8) Проверим, что файл **.partial** и текущий журнал, куда пишут процессы экземпляра имеют одинаковое содержимое:

```
postgres@tantor:~$ diff $HOME/archivelog/0000000100000115000000BE.partial
$PGDATA/pg_wal/0000000100000115000000BE
```

Так как изменений, в момент выполнения команды, процессами экземпляра не вносилось, то разницы нет, файлы одинаковы.

9) Посмотрим статус слота репликации:

```
postgres@tantor:~$ psql

postgres=# select * from pg_replication_slots \gx
-[ RECORD 1 ]-------+-------------
slot_name           | arch
plugin              |
slot_type           | physical
datoid              |
database            |
temporary           | f
active              | t
active_pid          | 5018
xmin                |
catalog_xmin        |
restart_lsn         | 115/BE000198
confirmed_flush_lsn |
wal_status          | reserved
safe_wal_size       | 150994536
two_phase           | f
conflicting         |

postgres=# select * from pg_stat_replication \gx
-[ RECORD 1 ]----+----------------------------
pid              | 5018
usesysid         | 10
```

```
usename          | postgres
application_name | pg_receivewal
client_addr      |
client_hostname  |
client_port      | -1
backend_start    | 07:48:43.452192+03
backend_xmin     |
state            | streaming
sent_lsn         | 115/BE000198
write_lsn        | 115/BE000198
flush_lsn        | 115/BE000198
replay_lsn       |
write_lag        | 00:00:00.001285
flush_lag        | 00:00:00.001285
replay_lag       | 00:27:34.008699
sync_priority    | 0
sync_state       | async
reply_time       | 08:16:17.463519+03
```

Часть 8. Синхронная фиксация транзакций и pg_receivewal

1) Укажем имя приложения в списке тех клиентов, которые могут подтверждать транзакции в синхронном режиме:

```
postgres=# alter system set synchronous_standby_names = pg_receivewal;
select pg_reload_conf();
ALTER SYSTEM
 pg_reload_conf
----------------
 t
```

2) Обязательно убедитесь, что статус стал **sync**:

```
postgres=# select * from pg_stat_replication \gx
-[ RECORD 1 ]----+------------------------------
pid              | 5169
usesysid         | 10
usename          | postgres
application_name | pg_receivewal
client_addr      |
client_hostname  |
client_port      | -1
backend_start    | 08:30:00.356885+03
backend_xmin     |
state            | streaming
sent_lsn         | 115/BE000F70
write_lsn        | 115/BE000F70
flush_lsn        | 115/BE000F70
replay_lsn       |
write_lag        | 00:00:00.003395
flush_lag        | 00:00:00.003395
replay_lag       | 00:01:32.059937
sync_priority    | 1
sync_state       | sync
reply_time       | 08:31:32.419514+03
```

3) Если нет ни одного клиента со статусом **sync**, `synchronous_standby_names` не пуст, `synchronous_commit` не установлен в `local` или `off`, то транзакции будут подвисать, и при прерывании `<ctrl+c>` выдавать ошибки вида:

```
postgres=# insert into t (t) values ('aaa');
^CCancel request sent
WARNING:  canceling wait for synchronous replication due to user request
DETAIL:  The transaction has already committed locally, but might not have been replicated to the standby.
INSERT 0 1
```

Висеть сессии будут, пока не появится клиент, который подтвердит транзакции, или администратор не отключит параметрами режим.

4) Уберите режим:

```
postgres=# alter system RESET synchronous_standby_names;
select pg_reload_conf();
ALTER SYSTEM
 pg_reload_conf
----------------
 t
```

Часть 9. Минимизация потерь данных транзакций

Для исключения потерь данных транзакций, нужно до потери использовать режим синхронной фиксации. Если позволяет размер директории `pg_wal`, скопируем архивные файлы, которые понадобятся для восстановления резервной копии в директорию `pg_wal`. Файлы журнала, с которого начнется накат, указаны в `backup_label` или, если его нет (переименован в `backup_label.old`), то в `pg_control` (который просматривается `pg_controldata`). Если размер директории не позволяет, и использовать линки на уровне файловой системы не хочется, то можно использовать параметр `restore_command` (пример: `'cp $HOME/archivelog/%f %p || cp $HOME/archivelog/%f.partial %p'`), но команда будет по одному копировать файлы журналов из архивной директории в `pg_wal`, на что тратится время. Подробный пример использования `restore_command` есть в последней практике про использование WAL-G.

Считаем, что основной кластер у нас сбойнул и исчез. Благодаря синхронному режиму `pg_receivewal` принял все блоки текущего журнала. Если он использовался для подтверждения транзакций, то по журнальным записям (о фиксации транзакций), которые он не получил и не успел подтвердить, и клиенты выполнявшие эти транзакции не получили подтверждения о фиксации, а получили сообщение о разрыве соединения (кластер сбойнул и исчез).

Не будем тратить время на создание сессий, выдачу команд, отслеживание LSN, чтобы не отвлекаться, и сосредоточимся на основном.

1) Скопируем содержимое директории:

```
postgres@tantor:~$ cp $HOME/archivelog/* $HOME/backup/1/pg_wal
```

2) Переименуем последний из файлов `.partial`, убрав расширение:

```
postgres@tantor:~$ mv $HOME/backup/1/pg_wal/0000000100000115000000BE.partial
$HOME/backup/1/pg_wal/0000000100000115000000BE
```

3) Запустим резервный кластер:

```
postgres@tantor:~$ pg_ctl start -D $HOME/backup/1 -o "--port=5433"
LOG:  consistent recovery state reached at 115/BD000178
LOG:  invalid record length at 115/BE000F70: expected at least 26, got 0
LOG:  database system is ready to accept connections
```

что соответствует значению `sent_lsn = 115/BE000F70`, которое мы видели в `pg_stat_replication`.

4) Как останавливать `pg_receivewal`? Если не отправили в фон, как в нашем случае, то набрать в его окне ctrl+c. Если отправили в фон, то можно найти номер процесса и послать сигнал `SIGINT`. Это корректное завершение `pg_receivewal`. Пример:

```
postgres@tantor$ kill -s SIGINT 5169
```

Утилита сообщит в stdout:

```
pg_receivewal: not renaming "0000000100000115000000BE.partial", segment is not
complete
```

5) Удалите слот репликации, который использовала утилита `pg_receivewal`:

```
postgres@tantor$ psql -c "select pg_drop_replication_slot('arch');"
pg_drop_replication_slot
--------------------------

(1 row)
```

Глава 7b. Логическое резервирование

Часть 1. Использование утилиты pg_dump

1) Выполните команду:

```
postgres@tantor:~$ pg_dump --schema-only
```

Параметр **--schema-only** позволяет выгружать только определения объектов ("схемы объектов") без данных. Другие параметры pg_dump не использовали, значит, использовались параметры по умолчанию:
подсоединение к базе данных, к которой подсоединился бы psql;
вывод в sdout - на экран терминала;
формат формируемого дампа plain - текстовый скрипт.

2) Нажимая на клавиатуре комбинацию клавиш <Shift+PgUp>, посмотрите, как выглядит содержимое "дампа". Формат называется plain. "Дамп" содержит комментарии, команды SET, устанавливающие параметры сессии, позволяющие не зависеть от значений параметров той базы данных, в которой выполнялись бы команды из дампа:

```
SET statement_timeout = 0;
SET lock_timeout = 0;
SET idle_in_transaction_session_timeout = 0;
SET transaction_timeout = 0;
SET client_encoding = 'UTF8';
SET standard_conforming_strings = on;
SELECT pg_catalog.set_config('search_path', '', false);
SET check_function_bodies = false;
SET xmloption = content;
SET client_min_messages = warning;
SET row_security = off;
```

Параметры таймаутов позволяют загружать большие объемы данных, не сталкиваясь с ограничениями.

Параметр row_security позволит получать ошибки в случае, если сработает политика row level security ("RLS"). По умолчанию, pg_dump откажется выгружать данные, если у роли нет прав обходить эти политики. Право обходить политики даёт атрибут роли BYPASSRLS и SUPERUSER. Это нужно, чтобы убедиться, что все строки выгружены и будут загружены без ошибок.

Параметр check_function_bodies отключает проверку тела подпрограмм в момент создания. Эта проверка нужна разработчикам, чтобы они видели ошибки при создании. Утилита отключает эту проверку, чтобы не заботиться о порядке выгрузки и порядке создания объектов. Это даёт гибкость: иметь возможность создать подпрограммы до создания таблиц, функций и других объектов, от которых зависят подпрограммы.

3) Создайте базу данных с названием dump и таблицу в этой базе данных:

```
postgres=# CREATE DATABASE dump;
CREATE DATABASE
postgres=# \c dump
```

```
Вы подключены к базе данных "dump" как пользователь "postgres".
dump=# CREATE TABLE t (id bigserial, t text, b bytea);
CREATE TABLE
dump=# INSERT INTO t(t) values ('абвг'), (NULL), ('');
INSERT 0 3
```

3) В командной строке (в другом окне терминала или выйдя из psql) создайте базу данных dump1 и перегрузите в неё содержимое базы данных dump:

```
dump=# \q
postgres@tantor:~$ createdb dump1;
postgres@tantor:~$ pg_dump -d dump | psql -d dump1
...
 set_config
------------

(1 row)
...
CREATE TABLE
ALTER TABLE
CREATE SEQUENCE
ALTER SEQUENCE
ALTER SEQUENCE
ALTER TABLE
COPY 3
 setval
--------
      3
(1 строка)
```

В процессе работы psql выдаёт **сообщения** на экран терминала.

Утилита pg_dump подсоединилась к базе данных dump и через пайп ("|") передавала команды утилите psql, которая их тут же выполняла, подсоединившись к базе данных dump1.

Преимущества использования пайпа ("конвейер"):

1) не нужно место для файла, в который выгружались бы данные;

2) уменьшается время, так как одновременно работают процессы выгрузки (pg_dump) и загрузки (psql).

Часть 2. Формат custom и утилита pg_restore

1) Запустите перегрузку данных из базы dump1 в базу dump в формате custom и предварительным удалением объектов перед их созданием:

```
postgres@tantor:~$
pg_dump -d dump1 --format=custom | pg_restore -d dump --clean --if-exists
```

Ошибок нет. Формат custom формирует один файл, который может загружать не psql, а утилита pg_restore.

2) Повторите перегрузку, добавив параметр --verbose, чтобы посмотреть, какую информацию выдаёт:

```
postgres@tantor:~$
pg_dump -d dump1 --format=custom | pg_restore -d dump --clean --if-exists -v

pg_restore: подключение к базе данных для восстановления
pg_restore: удаляется DEFAULT t id
pg_restore: удаляется SEQUENCE t_id_seq
pg_restore: удаляется TABLE t
pg_restore: создаётся TABLE "public.t"
pg_restore: создаётся SEQUENCE "public.t_id_seq"
pg_restore: создаётся SEQUENCE OWNED BY "public.t_id_seq"
pg_restore: создаётся DEFAULT "public.t id"
pg_restore: обрабатываются данные таблицы "public.t"
pg_restore: выполняется SEQUENCE SET t_id_seq
```

3) Проверьте, что содержимое таблицы t соответствует исходному:

```
postgres@tantor:~$ psql -d dump -c "select * from t"
 id |  t   | b
----+------+---
  4 | абвг |
  5 |      |
  6 |      |
(3 строки)
```

4) Запустите выгрузку и загрузку утилитой pg_restore с параметром --list:

```
postgres@tantor:~$ pg_dump -d dump1 --format=custom | pg_restore -l
;
; Archive created at ..
;     dbname: dump1
;     TOC Entries: 10
;     Compression: gzip
;     Dump Version: 1.15-0
;     Format: CUSTOM
;     Integer: 4 bytes
;     Offset: 8 bytes
;     Dumped from database version: 18.3
;     Dumped by pg_dump version: 18.3
;
;
; Selected TOC Entries:
;
216; 1259 448357 TABLE public t postgres
217; 1259 448362 SEQUENCE public t_id_seq postgres
3288; 0 0 SEQUENCE OWNED BY public t_id_seq postgres
3135; 2604 448363 DEFAULT public t id postgres
```

```
3280; 0 448357 TABLE DATA public t postgres
3289; 0 0 SEQUENCE SET public t_id_seq postgres
```

Утилита pg_restore выдала содержимое (TOC, title of contents) дампа.

Параметр **-l** работает с дампами в формате **custom** или directory. Посмотрите, как выглядит список. По каждому объекту выведена строка. Строки можно закомментировать и, используя параметр **-L** утилиты pg_restore, не загружать эти объекты.

5) У объектов могут быть зависимости от наличия других объектов. Зависимости выводятся в списке параметром при запуске pg_restore с параметром **-v**. Используйте этот параметр, чтобы посмотреть, как отображаются **зависимости**:

```
postgres@tantor:~$ pg_dump -d dump1 --format=custom | pg_restore -l -v
;
; Archive created at 2024-03-23 08:36:49 MSK
;     dbname: dump1
;     TOC Entries: 10
;     Compression: gzip
;     Dump Version: 1.15-0
;     Format: CUSTOM
;     Integer: 4 bytes
;     Offset: 8 bytes
;     Dumped from database version: 18.3
;     Dumped by pg_dump version: 18.3
;
;
; Selected TOC Entries:
;
3284; 0 0 ENCODING - ENCODING
3285; 0 0 STDSTRINGS - STDSTRINGS
3286; 0 0 SEARCHPATH - SEARCHPATH
3287; 1262 448356 DATABASE - dump1 postgres
216; 1259 448357 TABLE public t postgres
217; 1259 448362 SEQUENCE public t_id_seq postgres
;       depends on: 216
3288; 0 0 SEQUENCE OWNED BY public t_id_seq postgres
;       depends on: 217
3135; 2604 448363 DEFAULT public t id postgres
;       depends on: 217 216
3280; 0 448357 TABLE DATA public t postgres
;       depends on: 216
3289; 0 0 SEQUENCE SET public t_id_seq postgres
;       depends on: 217
```

Строки с отображением зависимостей закомментированы.

6) Если не указать утилите pg_restore параметры **-d** или **-l**, а указать только **-f**, то из дампа в формате custom, directory, tar создаётся скрипт с командами SQL. Создайте скрипт:

```
postgres@tantor:~$
pg_dump -d dump1 --format=custom | pg_restore -f script.sql
```

7) Создайте скрипт дампа в формате plain:

```
postgres@tantor:~$ pg_dump -d dump1 -f script1.sql
```

8) Сравните два скрипта:

```
postgres@tantor:~$ diff script.sql script1.sql
```

Скрипты не отличаются друг от друга. Утилита `pg_restore` может формировать файл дампа формата `plain` из дампов форматов `custom, directory, tar`.

Часть 3. Формат directory

1) Создайте дамп в формате directory:

```
postgres@tantor:~$ pg_dump -d dump1 --format=directory -f ./1
postgres@tantor:~$ ls ./1

3280.dat.gz  toc.dat
```

2) Директория создаётся автоматически. В директории лежит бинарный файл дампа и файлы с данными, для которых по умолчанию используется сжатие:

3) Удалите директорию и создайте дамп без сжатия:

```
postgres@tantor:~$ rm -rf ./1
postgres@tantor:~$ pg_dump -d dump1 --format=directory -Z0 -f ./1
postgres@tantor:~$ ls ./1
3280.dat  toc.dat
```

4) Посмотрите содержимое любого файла .dat:

```
postgres@tantor:~$ cat ./1/3280.dat
4        абвг    \N
5        \N      \N
6                \N
\.
```

Файл .dat содержит результат выполнения команды COPY в формате по умолчанию для этой команды. \N - пустые (NULL) значения. \. - символы завершения команды COPY.

5) Можно выгрузить только данные, без команд создания объектов:

```
postgres@tantor:~$ pg_dump -d dump -a
```

в дампе будут отсутствовать команды CREATE.

6) Параметр --quote-all-identifiers указывает брать в кавычки все идентификаторы:

```
postgres@tantor:~$ pg_dump -d dump --quote-all-identifiers | grep \"

-- Name: SCHEMA "public"; Type: COMMENT; Schema: -; Owner: pg_database_owner
COMMENT ON SCHEMA "public" IS 'standard public schema';
SET default_table_access_method = "heap";
CREATE TABLE "public"."t" (
    "id" bigint NOT NULL,
    "t" "text",
    "b" "bytea"
ALTER TABLE "public"."t" OWNER TO "postgres";
CREATE SEQUENCE "public"."t_id_seq"
ALTER SEQUENCE "public"."t_id_seq" OWNER TO "postgres";
ALTER SEQUENCE "public"."t_id_seq" OWNED BY "public"."t"."id";
ALTER TABLE ONLY "public"."t" ALTER COLUMN "id" SET DEFAULT
"nextval"('"public"."t_id_seq"'::"regclass");
COPY "public"."t" ("id", "t", "b") FROM stdin;
SELECT pg_catalog.setval('"public"."t_id_seq"', 6, true);
```

7) Для формирования команд INSERT вместо команды COPY используется параметр --rows-per-insert:

```
postgres@tantor:~$ pg_dump -d dump --rows-per-insert=1 | grep INS
INSERT INTO public.t VALUES (4, 'абвг', NULL);
INSERT INTO public.t VALUES (5, NULL, NULL);
INSERT INTO public.t VALUES (6, '', NULL);
```

Часть 4. Сжатие и скорость резервирования

1) Запустите psql и подсоединитесь к базе данных dump:

```
postgres@tantor:~$ psql -d dump
psql (18.3)
Введите "help", чтобы получить справку.
```

2) Выполните в psql следующие команды создания таблицы и наполнения её данными:

```
dump=# DROP TABLE IF EXISTS t;
CREATE TABLE t (id bigserial, t text);
INSERT INTO t(t) SELECT encode((floor(random()*1000)::numeric ^
100::numeric)::text::bytea, 'base64') from generate_series(1,500000);
```

3) Этот пункт можно не выполнять:

Команды, с помощью которых можно измерить время выгрузки при использовании различных алгоритмов сжатия:

```
postgres@tantor:~$ date +%T ; rm -rf ./1 ; pg_dump -d dump --format=directory -Z
lz4 -f ./1 ; date +%T ; ls -l ./1
23:28:54
23:28:55
total 114804
-rw-r--r-- 1 postgres postgres 117547931 23:28 3281.dat.lz4
-rw-r--r-- 1 postgres postgres      2127 23:28 toc.dat

postgres@tantor:~$ date +%T ; rm -rf ./1 ; pg_dump -d dump --format=directory -Z
zstd -f ./1 ; date +%T ; ls -l ./1
23:29:17
23:29:18
total 7504
-rw-r--r-- 1 postgres postgres 7677214 23:29 3281.dat.zst
-rw-r--r-- 1 postgres postgres    2127 23:29 toc.dat

postgres@tantor:~$ date +%T ; rm -rf ./1 ; pg_dump -d dump --format=directory -Z
gzip -f ./1 ; date +%T ; ls -l ./1
23:29:31
23:29:46
total 66436
-rw-r--r-- 1 postgres postgres 68022603 23:29 3281.dat.gz
-rw-r--r-- 1 postgres postgres     2127 23:29 toc.dat

postgres@tantor:~$ date +%T ; rm -rf ./1 ; pg_dump -d dump --format=directory -Z
0 -f ./1 ; date +%T ; ls -l ./1
23:29:52
23:29:53
total 175624
-rw-r--r-- 1 postgres postgres 179830026 23:29 3281.dat
-rw-r--r-- 1 postgres postgres      2127 23:29 toc.dat
```

По результатам команд можно оценить время выгрузки в зависимости от выбранного алгоритма сжатия. Также можно менять степень сжатия, указав после названия алгоритма двоеточие и число: `-Z zstd:1`

Часть 5. Команда COPY

1) Результат команды COPY можно передавать на вход программе, например gzip:

```
dump=# COPY pg_authid TO PROGRAM 'gzip > file.gz';
COPY 17
```

В этом примере вызывается программа gzip и создаёт файл $PGDATA/file.gz, в котором содержится текстовый файл с названием "file".

2) Можно сохранять результаты выполнения любых команд, возвращающих данные. Например, команды WITH:

```
dump=# COPY (WITH RECURSIVE t(n) AS ( SELECT 1 UNION ALL SELECT n+1 FROM t )
SELECT n FROM t LIMIT 1
) TO stdout;
```

3) Выполните команды в psql:

```
dump=# drop table if exists t2;
create table t2 (c1 text);
insert into t2 (c1) VALUES (repeat(E'a\n', 357913941));
COPY t2 TO '/tmp/test';
```

При выполнении последней команды выдастся ошибка:

```
ERROR:  out of memory
ПОДРОБНОСТИ:  Cannot enlarge string buffer containing 1073741822 bytes by 1
more bytes.
```

Размер поля - треть гигабайта.

При выгрузке в текстовом виде, содержимое поля будет выглядеть так:

a\na\na\na\n и размер поля увеличится в три раза до 107374182**3** байт, что на 1 байт превышает максимальный размер буфера строк.

4) Поле можно выгрузить, используя параметр конфигурации Tantor Postgres enable_large_allocations = on или формат binary:

```
postgres=# COPY t2 TO '/tmp/test' WITH BINARY;
COPY 1
postgres=# set enable_large_allocations = on;
SET
postgres=# COPY t2 TO '/tmp/test';
COPY 1
```

5) Удалите файл:

```
postgres=# \! rm /tmp/test
```

6) Сравним формат по умолчанию и CSV. Выполните команды:

```
postgres=# copy t to stdout with (format text);
1       абвг    \N
2       \N      \N
3               \N
postgres=# copy t to stdout with (format csv);
```

```
1,абвг,
2,,
3,"",
```

В формате CSV пустая строка была взята в кавычки.

6) Удалите базы данных dump и dump1:

```
postgres=# dump=# \c postgres
You are now connected to database "postgres" as user "postgres".
postgres=# drop database dump;
DROP DATABASE
postgres=# drop database dump1;
DROP DATABASE
```

Глава 8а. Физическая репликация

Часть 1. Создание реплики

1) Проверьте, есть ли табличные пространства:

```
postgres=# \db
     List of tablespaces
    Name    |  Owner   |       Location
------------+----------+-----------------------
 pg_default | postgres |
 pg_global  | postgres |
 u01tbs     | postgres | /var/lib/postgresql/tantor-se-18/data/../u01
(3 rows)
```

2) Если есть табличные пространства, кроме двух стандартных (pg_global, pg_default), посмотрите, какие отношения есть в них:

```
SELECT n.nspname, relname
FROM pg_class c
 LEFT JOIN pg_namespace n ON n.oid = c.relnamespace,
 pg_tablespace t
WHERE relkind IN ('r','m','i','S','t') AND
 n.nspname <> 'pg_toast' AND t.oid = reltablespace AND
 t.spcname = 'u01tbs';

 nspname | relname
---------+---------
 public  | t
(1 строка)
```

3) Удалите объекты, которые используют эти табличные пространства:

```
postgres=# drop table t;
DROP TABLE
```

4) Удалите табличное пространство u01tbs:

```
postgres=# drop tablespace u01tbs;
DROP TABLESPACE
```

5) Если нет второго окна терминала (fly-term), то откройте второе окно терминала и переключитесь в пользователя postgres:

```
astra@tantor:~$ sudo su - postgres
postgres@tantor:~$
```

6) Удалите директорию:

```
postgres@tantor:~$ rm -rf /var/lib/postgresql/tantor-se-18-replica/data1
```

7) Сделайте бэкап с параметрами:

-P - показывает прогресс резервирования;

-C или **--slot** - создает слот;

-R - создает файлы конфигурации для реплики:

```
postgres@tantor:~$ pg_basebackup -D
/var/lib/postgresql/tantor-se-18-replica/data1 -P -R -C --slot=replica1
48421/48421 kB (100%), 1/1 tablespace
```

Если резервирование прервать, то нужно будет удалить директорию:

```
rm -rf /var/lib/postgresql/tantor-se-18-replica/data1
```

и слот на мастере:

```
select pg_drop_replication_slot('replica1');
```

8) После успешного создания бэкапа нужно установить порт для экземпляра реплики. Обязательно указать две угловые скобки, если будет одна, то файл затрётся:

```
postgres@tantor:~$ echo "port=5433" >>
/var/lib/postgresql/tantor-se-18-replica/data1/postgresql.auto.conf
```

9) Чтобы диагностические сообщения выводились на экран терминала, добавьте строку в файл конфигурации:

```
postgres@tantor:~$ echo "logging_collector = off" >>
/var/lib/postgresql/tantor-se-18-replica/data1/postgresql.auto.conf
```

Иначе диагностические сообщения будут писаться в файл директории `PGDATA/log`.

При запуске экземпляра утилитой `pg_ctl` в таком случае, будет выдаваться сообщение:

```
ожидание запуска сервера....
[pid] СООБЩЕНИЕ:  передача вывода в протокол процессу сбора протоколов
[pid] ПОДСКАЗКА:  В дальнейшем протоколы будут выводиться в каталог "log".
 готово
```

В сообщении "`ПОДСКАЗКА`" выдаётся значение параметра `log_directory`. Параметр `log_destination = stderr`, а это значит что в `PGDATA` создаётся файл `current_logfiles`, в который записывается расположение файлов логов, в которые пишет процесс коллектора.

10) Запустите реплику:

```
postgres@tantor:~$ pg_ctl start -D /var/lib/postgresql/tantor-se-18-replica/data1

ожидание запуска сервера....
[7849] СООБЩЕНИЕ: запускается PostgreSQL 18.3 on x86_64-pc-linux-gnu, compiled by gcc (Astra
12.2.0-14.astra3) 12.2.0, 64-bit
[7849] СООБЩЕНИЕ: для приёма подключений по адресу IPv4 "0.0.0.0" открыт порт 5433
[7849] СООБЩЕНИЕ: для приёма подключений по адресу IPv6 "::" открыт порт 5433
[7849] СООБЩЕНИЕ: для приёма подключений открыт Unix-сокет "/var/run/postgresql/.s.PGSQL.5433"
[7852] СООБЩЕНИЕ: работа системы БД была прервана; последний момент работы:
[7852] СООБЩЕНИЕ: переход в режим резервного сервера
[7852] СООБЩЕНИЕ: запись REDO начинается со смещения 9/BB000028
[7852] СООБЩЕНИЕ: согласованное состояние восстановления достигнуто в позиции 9/BB000130
[7849] СООБЩЕНИЕ: система БД готова принимать подключения в режиме "только чтение"
[7853] СООБЩЕНИЕ: начало передачи журнала с главного сервера, с позиции 9/BC000000 на линии времени
1
 готово
сервер запущен
```

Диагностические сообщения (протокол работы экземпляра) выводятся в терминал. Если промпт в терминале не будет виден, нажмите на клавиатуре клавишу <enter>. В будущем, диагностические сообщения будут выводиться в терминал. Например, раз в 5 минут, сообщения о точке перезапуска.

Реплика создана, получает без задержки журнальные записи и применяет их.

Часть 2. Слоты репликации

1) В окне терминала с psql, подсоединенному к мастеру, посмотрите, что слот создан и активен:

```
postgres@tantor:~$ psql

postgres=# select * from pg_replication_slots\gx
-[ RECORD 1 ]-------+------------------------------
slot_name           | replica1
plugin              |
slot_type           | physical
datoid              |
database            |
temporary           | f
active              | t
active_pid          | 7854
xmin                |
catalog_xmin        |
restart_lsn         | 9/BC000198
confirmed_flush_lsn |
wal_status          | reserved
safe_wal_size       | 134217280
two_phase           | f
two_phase_at        |
inactive_since      | 14:24:30.781887+03
conflicting         |
invalidation_reason |
failover            | f
synced              | f
```

2) Еще одно представление для мониторинга репликации:

```
postgres=# select * from pg_stat_replication \gx
-[ RECORD 1 ]----+------------------------------
pid              | 7854
usesysid         | 10
usename          | postgres
application_name | walreceiver
client_addr      |
client_hostname  |
client_port      | -1
backend_start    | 13:56:31.619654+03
backend_xmin     |
state            | streaming
sent_lsn         | 9/BC000198
write_lsn        | 9/BC000198
flush_lsn        | 9/BC000198
replay_lsn       | 9/BC000198
write_lag        |
flush_lag        |
replay_lag       |
sync_priority    | 0
sync_state       | async
reply_time       | 14:24:31.557301+03
```

Имя приложения по умолчанию walreceiver.

3) Подключитесь к реплике:

```
postgres=# \connect postgres postgres /var/run/postgresql 5433
```

```
You are now connected to database "postgres" as user "postgres" via socket in
"/var/run/postgresql" at port "5433".
```

4) Посмотрите название слота репликации, к которому подсоединяется реплика:

```
postgres=# \dconfig primary_slot_name
List of configuration parameters
     Parameter      |   Value
-------------------+----------
 primary_slot_name | replica1
(1 row)
```

5) Посмотрите значение параметра `cluster_name`:

```
postgres=# \dconfig cluster_name
List of configuration parameters
  Parameter    | Value
--------------+-------
 cluster_name |
```

Значение параметра `cluster_name` пусто, поэтому значение параметра `application_name` имеет значение по умолчанию **`walreceiver`**.

6) Посмотрите значение параметра `primary_conninfo`:

```
postgres=# show primary_conninfo \gx
-[ RECORD 1 ]----+-----
primary_conninfo | user=postgres passfile='/var/lib/postgresql/.pgpass'
channel_binding=prefer port=5432 sslmode=prefer sslcompression=0
sslcertmode=allow sslsni=1 ssl_min_protocol_version=TLSv1.2 gssencmode=prefer
krbsrvname=postgres gssdelegation=0 compression=off target_session_attrs=any
load_balance_hosts=disable
```

Значение было автоматически сгенерировано утилитой `pg_basebackup` и добавлено в конец файла `postgresql.auto.conf` реплики.

Часть 3. Изменение имени кластера

1) Установите значение параметра `cluster_name`:

```
postgres=# alter system set cluster_name ='replica1';
ALTER SYSTEM
```

2) На реплике представление `pg_stat_replication` пусто:

```
postgres=# select * from pg_stat_replication;
 pid | usesysid | usename | application_name | client_addr | client_hostname
-----+----------+---------+------------------+-------------+----------------
(0 строк)
```

3) Изменение параметра `cluster_name` требует перезапуска экземпляра. Перезапустите экземпляр реплики в окне терминала:

```
postgres=# \q
postgres@tantor:~$
pg_ctl restart -D /var/lib/postgresql/tantor-se-18-replica/data1

ожидание завершения работы сервера....
 готово
сервер остановлен
ожидание запуска сервера....
[25550] СООБЩЕНИЕ:  запускается PostgreSQL 18.3 on x86_64-pc-linux-gnu, compiled by gcc (Astra
12.2.0-14.astra3) 12.2.0, 64-bit
[25550] СООБЩЕНИЕ:  для приёма подключений по адресу IPv4 "0.0.0.0" открыт порт 5433
[25550] СООБЩЕНИЕ:  для приёма подключений по адресу IPv6 "::" открыт порт 5433
[25550] СООБЩЕНИЕ:  для приёма подключений открыт Unix-сокет "/var/run/postgresql/.s.PGSQL.5433"
[25553] СООБЩЕНИЕ:  система БД была выключена в процессе восстановления: 14:37:36 MSK
[25553] СООБЩЕНИЕ:  переход в режим резервного сервера
[25553] СООБЩЕНИЕ:  запись REDO начинается со смещения 9/BC000070
[25553] СООБЩЕНИЕ:  согласованное состояние восстановления достигнуто в позиции 9/BC000198
[25553] СООБЩЕНИЕ:  неверная длина записи в позиции 9/BC000198: ожидалось минимум 26, получено 0
[25550] СООБЩЕНИЕ:  система БД готова принимать подключения в режиме "только чтение"
[25554] СООБЩЕНИЕ:  начало передачи журнала с главного сервера, с позиции 9/BC000000 на линии
времени 1
 готово
сервер запущен
```

4) Посмотрите список процессов, в названии которых присутствует буквосочетание `wal`:

```
postgres@tantor:~$ ps -ef | grep wal
UID       PID   PPID   CMD
postgres 13539 13534  postgres: walwriter
postgres 25554 25550  postgres: replica1: walreceiver
postgres 25555 13534  postgres: walsender postgres [local] streaming 9/BC000198
postgres 26488 31415  grep wal
```

В списке есть процессы:

`walsender` - передаёт журнальную запись
`walwriter` - принимает то, что ему передаёт `walsender`
`PPID=25550` - это номер родительского процесса (Parent Process ID) для процесса с `PID=25554`.
В данном примере номер процесса `postgres` мастера - 13534, `walsender` - 25555.

5) Посмотрите список процессов мастера:

```
postgres@tantor:~$ ps -o pid,command --ppid `head -n 1
/var/lib/postgresql/tantor-se-18/data/postmaster.pid`
  PID COMMAND
13532 postgres: logger
13533 postgres: io worker 0
13534 postgres: io worker 1
13535 postgres: io worker 2
13536 postgres: checkpointer
```

```
13537 postgres: background writer
13539 postgres: walwriter
13540 postgres: autovacuum launcher
13541 postgres: logical replication launcher
25555 postgres: walsender postgres [local] streaming 9/BC000198
```

Процесс `postgres`, который их запустил, не выводится.

6) Посмотрите список процессов реплики:

```
postgres@tantor:~$ ps -o pid,command --ppid `head -n 1
/var/lib/postgresql/tantor-se-18-replica/data1/postmaster.pid`
  PID COMMAND
25548 postgres: replica1: io worker 1
25549 postgres: replica1: io worker 0
25550 postgres: replica1: io worker 2
25551 postgres: replica1: checkpointer
25552 postgres: replica1: background writer
25553 postgres: replica1: startup recovering 0000000100000009000000BC
25554 postgres: replica1: walreceiver
25556 postgres: replica1: autoprewarm leader
```

После установки значения `cluster_name` у процессов реплики присутствует идентификатор `replica1`.

7) Сделаем префиксирование названий процессов для мастера, подсоединимся к мастеру:

```
postgres@tantor:~$ psql -c "alter system set cluster_name ='master';"
Pager usage is off.
ALTER SYSTEM
```

8) Изменение параметра `cluster_name` требует перезапуска экземпляра, перезапустите экземпляр мастера в окне терминала:

```
postgres@tantor:~$ sudo systemctl restart tantor-se-server-18
```

В окне терминала, в котором выполнялась команда `pg_ctl start`, для запуска реплики будут выданы диагностические сообщения экземпляра реплики:

```
[25554] СООБЩЕНИЕ:  репликация прекращена главным сервером
[25554] ПОДРОБНОСТИ:  На линии времени 1 в 9/BC000230 достигнут конец журнала.
[25554] ВАЖНО:  не удалось отправить главному серверу сообщение о конце передачи: сервер неожиданно закрыл
соединение
                Скорее всего сервер прекратил работу из-за сбоя
                до или в процессе выполнения запроса.
        операция COPY не выполняется
[25553] СООБЩЕНИЕ:  неверная длина записи в позиции 9/BC000230: ожидалось минимум 26, получено 0
[5727] ВАЖНО:  не удалось подключиться к главному серверу: подключиться к серверу через сокет
"/var/run/postgresql/.s.PGSQL.5432" не удалось: сервер неожиданно закрыл соединение
                Скорее всего сервер прекратил работу из-за сбоя
                до или в процессе выполнения запроса.
[25553] СООБЩЕНИЕ:  waiting for WAL to become available at 9/BC00024A
[5782] СООБЩЕНИЕ:  начало передачи журнала с главного сервера, с позиции 9/BC000000 на линии времени 1
[25551] СООБЩЕНИЕ:  начата точка перезапуска: time
[25551] СООБЩЕНИЕ:  точка перезапуска завершена: записано буферов: 1 (0.0%); добавлено файлов WAL 0,
удалено: 0, переработано: 0; запись=0.002 сек., синхр.=0.001 сек., всего=0.010 сек.;
синхронизировано_файлов=0, самая_долгая_синхр.=0.000 сек., средняя=0.000 сек.; расстояние=0 kB, ожидалось=0
kB; lsn=9/BC000198, lsn redo=9/BC000198
[25551] СООБЩЕНИЕ:  точка перезапуска восстановления в позиции 9/BC000198
```

9) Посмотрите список процессов реплики:

```
postgres@tantor:~$ ps -o pid,command --ppid `head -n 1
/var/lib/postgresql/tantor-se-18-replica/data1/postmaster.pid`
  PID COMMAND
25548 postgres: replica1: io worker 1
```

```
25549 postgres: replica1: io worker 0
25550 postgres: replica1: io worker 2
25551 postgres: replica1: checkpointer
25552 postgres: replica1: background writer
25553 postgres: replica1: startup recovering 00000001000000090000000BC
25556 postgres: replica1: autoprewarm leader
 5782 postgres: replica1: walreceiver streaming 9/BC0003A0
```

Предыдущий процесс walreceiver **25554** был остановлен и выгружен из памяти. Был запущен процесс walreceiver **5725**, но он не смог подсоединиться, так как экземпляр мастера отказал в соединении. Был запущен процесс walreceiver 5782, который успешно подсоединился к мастеру и принимает журнальные данные.

10) Посмотрите список процессов мастера:

```
postgres@tantor:~$ ps -o pid,command --ppid `head -n 1 /var/lib/postgresql/tantor-se-18/data/postmaster.pid`
  PID COMMAND
 5743 postgres: master: logger
 5748 postgres: master: io worker 1
 5749 postgres: master: io worker 0
 5750 postgres: master: io worker 2
 5751 postgres: master: checkpointer
 5752 postgres: master: background writer
 5755 postgres: master: walwriter
 5756 postgres: master: autovacuum launcher
 5757 postgres: master: logical replication launcher
 5783 postgres: master: walsender postgres [local] streaming 9/BC000278
```

Теперь после имени процессов мастера указано значение параметра cluster_name.

Часть 4. Создание второй реплики

1) Создайте на мастере слот для второй реплики:

```
postgres@tantor:~$ psql

postgres=# select pg_copy_physical_replication_slot('replica1','replica2');
 pg_copy_physical_replication_slot
-----------------------------------
 (replica2,)
(1 строка)
```

2) Посмотрите список слотов:

```
postgres=# select slot_name, active, restart_lsn, wal_status from
pg_replication_slots;

 slot_name  | active | restart_lsn | wal_status
------------+--------+-------------+------------
 replica1   | t      | 9/BC0003A0  | reserved
 replica2   | f      | 9/BC0003A0  | reserved
(2 row)
```

Второй слот будет удерживать журнальные файлы, начиная с файла, в котором содержится журнальная запись с адресом `restart_lsn`.

В списке может присутствовать слот `pgstandby1`. Это слот реплики, которая была изначально в виртуальной машине. Эту реплику и слот можно будет удалить за ненадобностью.

3) Сгенерируем журнальные записи на мастере. Выполните контрольную точку:

```
postgres=# checkpoint;
CHECKPOINT
```

в лог сообщений кластера master в директории `PGDATA/log` выведется:

```
[5751] LOG:  checkpoint starting: immediate force wait
[5751] LOG:  checkpoint complete: wrote 0 buffers (0.0%); 0 WAL file(s) added,
0 removed, 0 recycled; write=0.001 s, sync=0.001 s, total=0.009 s; sync
files=0, longest=0.000 s, average=0.000 s; distance=0 kB, estimate=0 kB;
lsn=9/BC0003E8, redo lsn=9/BC0003A0
```

4) Посмотрим, как изменился `restart_lsn`. Выполните запрос к списку слотов:

```
postgres=# select slot_name, active, restart_lsn, wal_status from
pg_replication_slots;
 slot_name | active | restart_lsn  | wal_status
-----------+--------+--------------+------------
 replica1   | t      | 9/BC0004C8  | reserved
 replica2   | f      | 9/BC0003A0  | reserved
(2 row)
```

Первая реплика получила сгенерированную журнальную запись, и значение сдвинулось. Для второго слота значение не изменилось.

5) Создадим вторую реплику. Чтобы не нагружать мастер, сделаем бэкап, копируя файлы с реплики ("backup offloading").

```
postgres@tantor:~$ pg_basebackup -p 5433 -D
/var/lib/postgresql/tantor-se-18-replica/data2 -P -R
LOG:  restartpoint starting: force wait
```

```
LOG:  restartpoint complete: wrote 0 buffers (0.0%), wrote 0 SLRU buffers; 0
WAL file(s) added, 0 removed, 0 recycled; write=0.001 s, sync=0.001 s,
total=0.010 s; sync files=0, longest=0.000 s, average=0.000 s; distance=0 kB,
estimate=6 kB; lsn=9/BC0004FA, redo lsn=9/BC0003A0
2026-04-26 16:53:16.191 MSK [43784] LOG:  recovery restart point at 2/F00020E8
466575/466575 kB (100%), 1/1 tablespace
```

В начале бэкапа нужна контрольная точка, но бэкап выполнялся с реплики и сообщения диагностического лога, выдаваемого в терминале сообщают о выполненной точке рестарта (restartpoint).

В случае ошибки можно удалить бэкап командой и повторить заново команду создания бэкапа:

```
rm -rf /var/lib/postgresql/tantor-se-18-replica/data2
```

6) Добавьте параметр **port=5434** и **logging_collector = off** для второй реплики. Можно отредактировать файл текстовым редактором, можно добавить параметр в конец файла. Последнее значение превалирует.

```
postgres@tantor:~$ echo "port=5434" >>
/var/lib/postgresql/tantor-se-18-replica/data2/postgresql.auto.conf
echo "logging_collector = off" >>
/var/lib/postgresql/tantor-se-18-replica/data2/postgresql.auto.conf
```

7) Посмотрите содержимое файла postgresql.auto.conf новой реплики:

```
postgres@tantor:~$ cat
/var/lib/postgresql/tantor-se-18-replica/data2/postgresql.auto.conf
# Do not edit this file manually!
# It will be overwritten by the ALTER SYSTEM command.
# Do not edit this file manually!
# It will be overwritten by the ALTER SYSTEM command.
logging_collector = 'on'
shared_preload_libraries = 'pg_stat_statements, pg_qualstats, pg_store_plans,
pg_prewarm, pg_stat_kcache'
logging_collector = 'on'
log_filename = 'postgresql-%F.log'
my.level = 'System'
primary_conninfo = 'user=postgres passfile=''/var/lib/postgresql/.pgpass''
channel_binding=prefer port=5432 sslmode=prefer sslnegotiation=postgres
sslcompression=0 sslcertmode=allow sslsni=1 ssl_min_protocol_version=TLSv1.2
gssencmode=prefer krbsrvname=postgres gssdelegation=0 compression=off
target_session_attrs=any load_balance_hosts=disable'
primary_slot_name = 'replica1'
port = '5433'
logging_collector = 'off'
cluster_name = 'replica1'
primary_conninfo = 'user=postgres passfile=''/var/lib/postgresql/.pgpass''
channel_binding=prefer port=5433 sslmode=prefer sslnegotiation=postgres
sslcompression=0 sslcertmode=allow sslsni=1 ssl_min_protocol_version=TLSv1.2
gssencmode=prefer krbsrvname=postgres gssdelegation=0 compression=off
target_session_attrs=any load_balance_hosts=disable'
port=5434
logging_collector = off
```

pg_basebackup резервировал, подключившись к первой реплике и поставил её порт 5433 в параметр primary_conninfo. С таким значением получается каскадирование передачи журнальных данных.

8) Отредактируйте файл `/var/lib/postgresql/tantor-se-18-replica/data2/postgresql.auto.conf`, установив порт 5432: пусть вторая реплика подсоединяется к мастеру напрямую, имя слота и кластера в `replica2`:

```
postgres@tantor:~$ mcedit
/var/lib/postgresql/tantor-se-18-replica/data2/postgresql.auto.conf
```

Пример содержимого файла после редактирования:

```
postgres@tantor:~$ cat
/var/lib/postgresql/tantor-se-18-replica/data2/postgresql.auto.conf
# Do not edit this file manually!
# It will be overwritten by the ALTER SYSTEM command.
shared_preload_libraries = 'pg_stat_statements, pg_qualstats, pg_store_plans,
pg_prewarm, pg_stat_kcache'
log_filename = 'postgresql-%F.log'
primary_conninfo = 'user=postgres port=5432'
primary_slot_name = 'replica2'
cluster_name = 'replica2'
port=5434
logging_collector = off
```

9) Запустите вторую реплику:

```
postgres@tantor:~$ pg_ctl start -D /var/lib/postgresql/tantor-se-18-replica/data2

ожидание запуска сервера....
[5728] СООБЩЕНИЕ:  запускается PostgreSQL 18.3 on x86_64-pc-linux-gnu, compiled by gcc
(Astra 12.2.0-14.astra3) 12.2.0, 64-bit
[5728] СООБЩЕНИЕ:  для приёма подключений по адресу IPv4 "0.0.0.0" открыт порт 5434
[5728] СООБЩЕНИЕ:  для приёма подключений по адресу IPv6 "::" открыт порт 5434
[5728] СООБЩЕНИЕ:  для приёма подключений открыт Unix-сокет
"/var/run/postgresql/.s.PGSQL.5434"
[5731] СООБЩЕНИЕ:  система БД была выключена в процессе восстановления:
[5731] СООБЩЕНИЕ:  переход в режим резервного сервера
[5731] СООБЩЕНИЕ:  запись REDO начинается со смещения 9/BC0003A0
[5731] СООБЩЕНИЕ:  согласованное состояние восстановления достигнуто в позиции 9/BC0004C8
[5728] СООБЩЕНИЕ:  система БД готова принимать подключения в режиме "только чтение"
[5731] СООБЩЕНИЕ:  неверная длина записи в позиции 9/BC0004C8: ожидалось минимум 26,
получено 0
[5732] СООБЩЕНИЕ:  начало передачи журнала с главного сервера, с позиции 9/BC000000 на
линии времени 1
 готово
сервер запущен
```

10) Проверьте статус слотов:

```
postgres@tantor:~$ psql -c "select slot_name, active, restart_lsn, wal_status
from pg_replication_slots;"
 slot_name  | active | restart_lsn | wal_status
------------+--------+-------------+------------
 replica1   | t      | 9/BC0004C8  | reserved
 replica2   | t      | 9/BC0004C8  | reserved
(2 row)
```

Слоты активны. Сейчас у вас мастер и две реплики, которые получают журнальные записи по протоколу репликации (потоком). `restart_lsn` продвигается на обеих слотах.

11) Сгенерируем журнальные записи. Выполните контрольную точку:

```
postgres@tantor:~$ psql -c "checkpoint;"
```

```
CHECKPOINT
```

12) Повторите запрос к `pg_replication_slots`:

```
postgres@tantor:~$ psql -c "select slot_name, active, restart_lsn, wal_status
from pg_replication_slots;"
 slot_name   | active | restart_lsn  | wal_status
------------+--------+-------------+------------
 replica1    | t      | 9/BC0005F0   | reserved
 replica2    | t      | 9/BC0005F0   | reserved
(2 row)
```

Сообщения экземпляров реплик:

```
[5729] СООБЩЕНИЕ:  начата точка перезапуска: time
[5729] СООБЩЕНИЕ:  точка перезапуска завершена: записано буферов: 1 (0.0%);
добавлено файлов WAL 0, удалено: 0, переработано: 0; запись=0.002 сек.,
синхр.=0.001 сек., всего=0.008 сек.; синхронизировано_файлов=0,
самая_долгая_синхр.=0.000 сек., средняя=0.000 сек.; расстояние=0 kB,
ожидалось=0 kB; lsn=9/BC000510, lsn redo=9/BC0004C8
[5729] СООБЩЕНИЕ:  точка перезапуска восстановления в позиции 9/BC0004C8

[25551] СООБЩЕНИЕ:  начата точка перезапуска: time
[25551] СООБЩЕНИЕ:  точка перезапуска завершена: записано буферов: 0 (0.0%);
добавлено файлов WAL 0, удалено: 0, переработано: 0; запись=0.001 сек.,
синхр.=0.001 сек., всего=0.006 сек.; синхронизировано_файлов=0,
самая_долгая_синхр.=0.000 сек., средняя=0.000 сек.; расстояние=0 kB,
ожидалось=0 kB; lsn=9/BC000510, lsn redo=9/BC0004C8
[25551] СООБЩЕНИЕ:  точка перезапуска восстановления в позиции 9/BC0004C8
```

Точка перезапуска - отражение контрольной точки мастера. Точки перезапуска могут выполняться не чаще, чем контрольные точки на мастере.

Часть 5. Выбор реплики на роль мастера

Симулируем сбой получения журнальных записей одной из реплик, например второй. Например, сделаем недоступной запись в журнальный файл и перезапустим экземпляр. Перезапуск нужен, чтобы при открытии файла возникла ошибка:

1)
```
postgres@tantor:~$ chmod -w
/var/lib/postgresql/tantor-se-18-replica/data2/pg_wal/000*
postgres@tantor:~$ pg_ctl restart -D
/var/lib/postgresql/tantor-se-18-replica/data2

12:19:48.996 MSK [5728] СООБЩЕНИЕ:  получен запрос на быстрое выключение
ожидание завершения работы сервера....
12:19:48.998 MSK [5728] СООБЩЕНИЕ:  прерывание всех активных транзакций
12:19:48.998 MSK [5732] ВАЖНО:  завершение процесса считывания журнала по команде администратора
12:19:49.004 MSK [5729] СООБЩЕНИЕ:  выключение
12:19:49.017 MSK [5728] СООБЩЕНИЕ:  система БД выключена
 готово
сервер остановлен
ожидание запуска сервера....
12:19:49.142 MSK [24184] СООБЩЕНИЕ:  запускается PostgreSQL 18.3 on x86_64-pc-linux-gnu, compiled
by gcc (Astra 12.2.0-14.astra3) 12.2.0, 64-bit
12:19:49.142 MSK [24184] СООБЩЕНИЕ:  для приёма подключений по адресу IPv4 "0.0.0.0" открыт порт
5434
12:19:49.142 MSK [24184] СООБЩЕНИЕ:  для приёма подключений по адресу IPv6 "::" открыт порт 5434
12:19:49.144 MSK [24184] СООБЩЕНИЕ:  для приёма подключений открыт Unix-сокет
"/var/run/postgresql/.s.PGSQL.5434"
12:19:49.149 MSK [24187] СООБЩЕНИЕ:  система БД была выключена в процессе восстановления: 12:19:48
MSK
12:19:49.149 MSK [24187] СООБЩЕНИЕ:  переход в режим резервного сервера
12:19:49.152 MSK [24187] СООБЩЕНИЕ:  запись REDO начинается со смещения 9/BC0004C8
12:19:49.152 MSK [24187] СООБЩЕНИЕ:  согласованное состояние восстановления достигнуто в позиции
9/BC0005F0
12:19:49.152 MSK [24187] СООБЩЕНИЕ:  неверная длина записи в позиции 9/BC0005F0: ожидалось минимум
26, получено 0
12:19:49.152 MSK [24184] СООБЩЕНИЕ:  система БД готова принимать подключения в режиме "только
чтение"
12:19:49.160 MSK [24188] СООБЩЕНИЕ:  начало передачи журнала с главного сервера, с позиции
9/BC000000 на линии времени 1
12:19:49.160 MSK [24188] ВАЖНО:  не удалось открыть файл "pg_wal/0000000100000009000000BC":
Отказано в доступе
12:19:49.167 MSK [24190] СООБЩЕНИЕ:  начало передачи журнала с главного сервера, с позиции
9/BC000000 на линии времени 1
12:19:49.168 MSK [24190] ВАЖНО:  не удалось открыть файл "pg_wal/0000000100000009000000BC":
Отказано в доступе
12:19:49.168 MSK [24187] СООБЩЕНИЕ:  waiting for WAL to become available at 9/BC00060A
 готово
сервер запущен
```

В журнал кластера будут выдаваться ошибки раз в **5 секунд** (значение параметра `wal_retrieve_retry_interval`):

```
12:19:54.173 MSK [24232] СООБЩЕНИЕ:  начало передачи журнала с главного
сервера, с позиции 9/BC000000 на линии времени 1
12:19:54.174 MSK [24232] ВАЖНО:  не удалось открыть файл
"pg_wal/0000000100000009000000BC": Отказано в доступе
12:19:54.174 MSK [24187] СООБЩЕНИЕ:  waiting for WAL to become available at
9/BC00060A
```

2) Поменяйте интервал повторения попыток `walreceiver` с 5 секунд на 30 секунд. В окне терминала `psql` подсоединитесь ко **второй реплике**:

```
postgres@tantor:~$ psql -p 5434 -c "alter system set
wal_retrieve_retry_interval='30s';"
ALTER SYSTEM
```

```
postgres@tantor:~$ psql -p 5434 -c "select pg_reload_conf();"

 pg_reload_conf
----------------
 t
(1 строка)
```

Ошибки у второй реплики станут выдаваться реже, раз в 30 секунд.

3) Заставим мастер создать журнальные записи. Подсоединитесь к мастеру и выполните контрольную точку:

```
postgres@tantor:~$ psql -c "checkpoint; select slot_name, active, restart_lsn,
wal_status from pg_replication_slots;"
CHECKPOINT
 slot_name | active | restart_lsn  | wal_status
-----------+--------+--------------+------------
 replica1   | t      | 9/BC0006D0  | reserved
 replica2   | f      | 9/BC0005F0  | reserved
(3 строки)
```

Статус второй реплики неактивен и `restart_lsn` стал разным.

4) Симулируем сбой мастера. Остановите мастер:

```
postgres@tantor:~$ pg_ctl stop -D /var/lib/postgresql/tantor-se-18/data
ожидание завершения работы сервера....

12:40:35.444 MSK [5782] СООБЩЕНИЕ:  репликация прекращена главным сервером
12:40:35.444 MSK [5782] ПОДРОБНОСТИ:  На линии времени 1 в 9/BC0007B0 достигнут конец журнала.
12:40:35.444 MSK [5782] ВАЖНО:  не удалось отправить главному серверу сообщение о конце передачи:
сервер неожиданно закрыл соединение
Скорее всего сервер прекратил работу из-за сбоя до или в процессе выполнения запроса.
операция COPY не выполняется
12:40:35.444 MSK [25553] СООБЩЕНИЕ:  неверная длина записи в позиции 9/BC0007B0: ожидалось минимум
26, получено 0
12:40:35.453 MSK [753] ВАЖНО:  не удалось подключиться к главному серверу: подключиться к серверу
через сокет "/var/run/postgresql/.s.PGSQL.5432" не удалось: сервер неожиданно закрыл соединение
Скорее всего сервер прекратил работу из-за сбоя до или в процессе выполнения запроса.
12:40:35.453 MSK [25553] СООБЩЕНИЕ:  waiting for WAL to become available at 9/BC0007CA
 готово
сервер остановлен
```

5) Устраним проблему на второй реплике. Верните разрешения на файл журнала:

```
postgres@tantor:~$ chmod +w
/var/lib/postgresql/tantor-se-18-replica/data2/pg_wal/000*
```

6) Имея две реплики в случае сбоя мастера, нужно выбрать ту реплику, которую лучше сделать мастером.

Посмотрите, какие журнальные записи имеются на **первой** реплике:

```
postgres@tantor:~$ psql -p 5433 -c "select pg_last_wal_replay_lsn();select
pg_last_wal_receive_lsn();"
 pg_last_wal_replay_lsn
------------------------
 9/BC0007B0
(1 строка)

 pg_last_wal_receive_lsn
-------------------------
 9/BC0007B0
(1 строка)
```

7) Посмотрите, какие журнальные записи имеются на **второй** реплике:

```
postgres@tantor:~$ psql -p 5434 -c "select pg_last_wal_replay_lsn();select
pg_last_wal_receive_lsn();"
 pg_last_wal_replay_lsn
------------------------
 9/BC0005F0
(1 строка)

 pg_last_wal_receive_lsn
-------------------------
 9/BC000000
(1 строка)
```

8) При активной работе рассчитать, какое значение LSN больше, сложно.

Вычислите, подставив значения, которые взяты у реплики:

```
postgres@tantor:~$ psql -p 5434 -c "select '9/BC0005F0'::pg_lsn -
'9/BC0007B0'::pg_lsn;"
 ?column?
----------
     -448
(1 row)
```

У первой реплики значения (`'9/BC0007B0'`) больше, чем у второй (`'9/BC0005F0'`) значит первая реплика содержит более свежие данные.

Мы не включали режим фиксации транзакций с подтверждением хотя бы одной из реплик. В реальной эксплуатации, в таком случае нет гарантий, что хоть какая-то реплика получила последние журнальные записи. В случае продвижения любой из реплик, часть транзакций может быть потеряна, что неприемлемо.

В случае, если синхронная фиксация с подтверждением не была включено, стоит поискать журнальные файлы на мастере или, если они повреждены, в поточном архиве журналов (заполняемый утилитой `pg_receivewal`), если он был настроен. При использовании файлов из архива нужно будет скопировать файл текущего журнала. Его легко идентифицировать по суффиксу `.partial` в названии. При копировании в директорию реплики, который планируется сделать мастером (чтобы реплика накатила файл,) нужно убрать суффикс.

9) Рассмотрим случай, когда `PGDATA/pg_wal` мастера была найдена. Эта директория содержит последние журнальные записи, которые сохранил мастер. Скопируем все файлы в директорию `PGDATA/pg_wal` второй реплики (она не получила последние журнальные записи от мастера):

```
postgres@tantor:~$ cp /var/lib/postgresql/tantor-se-18/data/pg_wal/*
/var/lib/postgresql/tantor-se-18-replica/data2/pg_wal
cp: не указан -r; пропускается каталог
'/var/lib/postgresql/tantor-se-18/data/pg_wal/archive_status'
cp: -r not specified; omitting directory
'/var/lib/postgresql/tantor-se-18/data/pg_wal/summaries'
```

Почему копируем все файлы? Потому что мастер сохраняет файлы журналов для того, чтобы иметь возможность восстановиться после сбоя экземпляра, и удерживает файлы для реплик.

Чтобы не тратить время на выяснение, каких файлов не достаёт реплике, можно скопировать все файлы журналов. Те файлы, которые не нужны реплике, повторно применяться не будут.

10) Посмотрим, какие журнальные записи применены (процессом `startup`, который читает директорию `pg_wal` с журналами и применяет файлы из неё), и были приняты (процессом `walreceiver`, который принимает журнальные записи и пишет в файлы журналов в директории `pg_wal`) на **второй** реплике:

```
postgres@tantor:~$ psql -p 5434 -c "select pg_last_wal_replay_lsn();select pg_last_wal_receive_lsn();"
 pg_last_wal_replay_lsn
------------------------
 9/BC0007B0
(1 строка)

 pg_last_wal_receive_lsn
-------------------------
 9/BC000000
(1 строка)
```

По `walreceiver` изменений нет, мастер остановлен и процесс ничего не мог принять.

Сейчас обе реплики **накатили все журнальные записи и содержат все данные.** При продвижении **любой из реплик** потери транзакций не будет.

Первая реплика успела получить все записи, потому что мы корректно остановили мастер в то время, когда первая реплика была к нему подсоединена. На вторую реплику мы скопировали все файлы журналов мастера.

Часть 6. Подготовка к переключению на реплику

Настроим параметры конфигурации бывшего мастера.

Имя слота в параметре `primary_slot_name` можно задать заранее. После переключения на реплику слоты исчезнут - на новом мастере их не будет.

Параметры соединения `primary_conninfo` также можно установить заранее. Значение порта укажем на первую реплику `5433`, её сделаем матером.

Большая часть параметров, которые относятся к свойствам реплики, не оказывают влияние, пока у кластера роль мастера, поэтому значения таких параметров можно устанавливать заранее.

1) Посмотрите содержимое файла параметров бывшего мастера:

```
postgres@tantor:~$ cat /var/lib/postgresql/tantor-se-18/data/postgresql.auto.conf
# Do not edit this file manually!
# It will be overwritten by the ALTER SYSTEM command.
logging_collector = 'on'
shared_preload_libraries = 'pg_stat_statements, pg_qualstats, pg_store_plans,
pg_prewarm, pg_stat_kcache'
logging_collector = 'on'
log_filename = 'postgresql-%F.log'
my.level = 'System'
cluster_name = 'master'
```

2) Установите параметры сетевого соединения, откуда бывший мастер будет забирать журнальные данные:

```
postgres@tantor:~$ echo "primary_conninfo = 'user=postgres port=5433'" >>
/var/lib/postgresql/tantor-se-18/data/postgresql.auto.conf
```

3) Установим название слота, который он будет использовать:

```
postgres@tantor:~$ echo "primary_slot_name = 'master'" >>
/var/lib/postgresql/tantor-se-18/data/postgresql.auto.conf
```

4) Чтобы диагностические сообщения выводились на экран терминала:

```
echo "logging_collector = off" >>
/var/lib/postgresql/tantor-se-18/data/postgresql.auto.conf
```

5) Проверьте, что строки **добавились**:

```
postgres@tantor:~$ cat /var/lib/postgresql/tantor-se-18/data/postgresql.auto.conf
# Do not edit this file manually!
# It will be overwritten by the ALTER SYSTEM command.
logging_collector = 'on'
shared_preload_libraries = 'pg_stat_statements, pg_qualstats, pg_store_plans,
pg_prewarm, pg_stat_kcache'
logging_collector = 'on'
log_filename = 'postgresql-%F.log'
my.level = 'System'
cluster_name = 'master'
primary_conninfo = 'user=postgres port=5433'
primary_slot_name = 'master'
logging_collector = off
```

6) Можно заранее создать неинициализированные слоты репликации на случай, если кластер станет мастером на всех репликах-кандидатах.

Создайте слот на второй реплике:

```
postgres@tantor:~$ psql -p 5434 -c "select pg_is_in_recovery(); select
pg_create_physical_replication_slot('master');"
Pager usage is off.
 pg_is_in_recovery
-------------------
 t
(1 row)

 pg_create_physical_replication_slot
-------------------------------------
 (master,)
(1 row)
```

7) Заранее создадим слот и для первой реплики. Выполните команду:

```
postgres@tantor:~$ psql -p 5434 -c "select
pg_create_physical_replication_slot('replica1');"
 pg_create_physical_replication_slot
-------------------------------------
 (replica1,)
(1 row)
```

8) Проверьте параметры слотов:

```
postgres@tantor:~$ psql -p 5434 -c ""select slot_name, slot_type, active from
pg_replication_slots"
Pager usage is off.
 slot_name | slot_type | active
-----------+-----------+--------
 master    | physical  | f
 replica1  | physical  | f
(2 rows)
```

На будущем мастере `replica1` (порт 5433) слоты создавать заранее не будем, для целей практики (пункт 11 этой части практики).

Слоты имеет смысл создать заранее, это уменьшит количество команд, выполняемых при переключении на реплику.

Значение `safe_wal_size=144Мб=128Мб+16Мб` определяет, сколько байт может быть записано в журнал, чтобы этот слот не оказался в состоянии `lost`. Определяется значением параметра `max_slot_wal_keep_size` плюс `wal_segment_size` (16Мб).

9) Так как бывший мастер остановлен, можно создать файл `standby.signal`, чтобы при запуске экземпляр не открыл бывший мастер в режиме записи. Создайте файл `standby.signal` в директории бывшего мастера:

```
postgres@tantor:~$ touch /var/lib/postgresql/tantor-se-18/data/standby.signal
```

После создания файла `standby.signal` можно запустить бывший мастер и потом продвинуть одну из реплик. Или в обратном порядке: продвинуть одну из реплик, а потом запустить бывший мастер. Разницы не будет, если бывший мастер был остановлен и новый мастер получил и применил все журнальные записи (нет потерь транзакций).

10) Запустите бывший мастер:

```
postgres@tantor:~$ pg_ctl start -D /var/lib/postgresql/tantor-se-18/data
ожидание запуска сервера....
СООБЩЕНИЕ:  запускается PostgreSQL 18.3 on x86_64-pc-linux-gnu, compiled by gcc (Astra 12.2.0-14.astra3) 12.2.0, 64-bit
[7824] СООБЩЕНИЕ:  для приёма подключений по адресу IPv4 "0.0.0.0" открыт порт 5432
[7824] СООБЩЕНИЕ:  для приёма подключений по адресу IPv6 "::" открыт порт 5432
[7824] СООБЩЕНИЕ:  для приёма подключений открыт Unix-сокет "/var/run/postgresql/.s.PGSQL.5432"
[7827] СООБЩЕНИЕ:  система БД была выключена: 12:40:35 MSK
[7827] СООБЩЕНИЕ:  переход в режим резервного сервера
[7827] СООБЩЕНИЕ:  согласованное состояние восстановления достигнуто в позиции 9/BC0007B0
[7827] СООБЩЕНИЕ:  неверная длина записи в позиции 9/BC0007B0: ожидалось минимум 26, получено 0
[7824] СООБЩЕНИЕ:  система БД готова принимать подключения в режиме "только чтение"
[7828] СООБЩЕНИЕ:  начало передачи журнала с главного сервера, с позиции 9/BC000000 на линии времени 1
[7828] ОШИБКА:  слот репликации "master" не существует
[7828] STATEMENT:  START_REPLICATION SLOT "master" 9/BC000000 TIMELINE 1
[7828] ВАЖНО:  не удалось начать трансляцию WAL: ОШИБКА:  слот репликации "master" не существует
[7828] СООБЩЕНИЕ:  waiting for WAL to become available at 9/BC0007CA
 готово
сервер запущен
```

Экземпляр бывшего мастера запустился и успешно вошел в режим ожидания запуска репликации. Ошибки указывают на то, что слот с именем master не существует. Мы его заранее не создавали (в пункте 8 этой части практики) в целях получить эту ошибку и исправить её - создать слот после запуска бывшего мастера.

11) Подключитесь к первой реплике `replica1` (порт **5433**) и создайте слоты репликации:

```
postgres@tantor:~$ psql -p 5433 -c "select
pg_create_physical_replication_slot('master');select
pg_create_physical_replication_slot('replica2');"
Pager usage is off.
 pg_create_physical_replication_slot
-------------------------------------
 (master,)
(1 row)

(1 row) pg_create_physical_replication_slot
-------------------------------------
 (replica2,)
(1 row)
```

Бывший `master` автоматически станет использовать созданный слот.

В сообщениях экземпляра `master` появится:

```
СООБЩЕНИЕ:  waiting for WAL to become available at 9/BC0007CA
СООБЩЕНИЕ:  начало передачи журнала с главного сервера, с позиции 9/BC000000 на линии времени 1
```

12) Проверьте на `replica1` (порт 5433) статус слотов репликации:

```
postgres@tantor:~$ psql -p 5433 -c "select slot_name, active, restart_lsn,
wal_status from pg_replication_slots;"
 slot_name | active | restart_lsn | wal_status
-----------+--------+-------------+------------
 master    | t      | 9/BC0007B0  | reserved
 replica2  | f      |             |
(2 строки)
```

13) Проверьте **статистику слотов репликации** на бывшем мастере (`master`):

```
postgres@tantor:~$ psql -c "select slot_name, active, restart_lsn, wal_status
from pg_replication_slots;"
 slot_name  | active | restart_lsn | wal_status
------------+--------+-------------+------------
```

```
 pgstandby1  | f       | 0/19187E70  | lost
 replica1    | t       | 9/BC0007B0  | reserved
 replica2    | t       | 9/BC0007B0  | reserved
(3 строки)

postgres@tantor:~$ psql -c "select * from pg_stat_replication" -x
-[ RECORD 1 ]----+------------------------------
pid              | 18624
usesysid         | 10
usename          | postgres
application_name | replica1
client_addr      |
client_hostname  |
client_port      | -1
backend_start    | 16:07:37.4+03
backend_xmin     |
state            | streaming
sent_lsn         | 9/BC0007B0
write_lsn        | 9/BC0007B0
flush_lsn        | 9/BC0007B0
replay_lsn       | 9/BC0007B0
write_lag        |
flush_lag        |
replay_lag       |
sync_priority    | 0
sync_state       | async
reply_time       | 16:31:37.866881+03
-[ RECORD 2 ]----+------------------------------
pid              | 18693
usesysid         | 10
usename          | postgres
application_name | replica2
client_addr      |
client_hostname  |
client_port      | -1
backend_start    | 16:07:52.385223+03
backend_xmin     |
state            | streaming
sent_lsn         | 9/BC0007B0
write_lsn        | 9/BC0007B0
flush_lsn        | 9/BC0007B0
replay_lsn       | 9/BC0007B0
write_lag        |
flush_lag        |
replay_lag       |
sync_priority    | 0
sync_state       | async
reply_time       | 16:31:32.847758+03
```

Оказывается, будущий мастер `replica1` и `replica2` подсоединены к бывшему мастеру. Время **`reply_time`** текущее. Ни один из кластеров мы пока не продвинули до мастера - все три кластера - физические реплики.

Поэтому в окне терминала периодически выводятся сообщения:

```
ОПЕРАТОР:  SELECT slot_name, database, slot_type, xmin::text::int8, active,
pg_wal_lsn_diff(pg_current_wal_insert_lsn(), restart_lsn) AS retained_bytes
FROM pg_replication_slots LIMIT 50 OFFSET 0;
ОШИБКА:  идёт процесс восстановления
ПОДСКАЗКА:  Функции управления WAL нельзя использовать в процессе
восстановления.
```

14) Проверьте статистику слотов репликации на replica1, к которому подсоединён бывший master:

```
postgres@tantor:~$ psql -p 5433 -c "select * from pg_stat_replication" -x
-[ RECORD 1 ]----+------------------------------
pid              | 20280
usesysid         | 10
usename          | postgres
application_name | master
client_addr      |
client_hostname  |
client_port      | -1
backend_start    | 16:11:07.446672+03
backend_xmin     |
state            | streaming
sent_lsn         | 9/BC0007B0
write_lsn        | 9/BC0007B0
flush_lsn        | 9/BC0007B0
replay_lsn       | 9/BC0007B0
write_lag        |
flush_lag        |
replay_lag       |
sync_priority    | 0
sync_state       | async
reply_time       | 16:39:18.004533+03
```

Время reply_time текущее.

15) Посмотрите списки процессов экземпляров:

```
postgres@tantor:~$ ps -o pid,command --ppid `head -n 1
/var/lib/postgresql/tantor-se-18/data/postmaster.pid`
  PID COMMAND
18615 postgres: master: checkpointer
18616 postgres: master: background writer
18617 postgres: master: startup recovering 0000000100000009000000BC
18624 postgres: master: walsender postgres [local] streaming 9/BC0007B0
18693 postgres: master: walsender postgres [local] streaming 9/BC0007B0
20279 postgres: master: walreceiver
postgres@tantor:~$ ps -o pid,command --ppid `head -n 1
/var/lib/postgresql/tantor-se-18-replica/data1/postmaster.pid`
  PID COMMAND
18622 postgres: replica1: walreceiver
20280 postgres: replica1: walsender postgres [local] streaming 9/BC0007B0
25551 postgres: replica1: checkpointer
25552 postgres: replica1: background writer
25553 postgres: replica1: startup recovering 0000000100000009000000BC

postgres@tantor:~$ ps -o pid,command --ppid `head -n 1
/var/lib/postgresql/tantor-se-18-replica/data2/postmaster.pid`
  PID COMMAND
18692 postgres: replica2: walreceiver
24185 postgres: replica2: checkpointer
24186 postgres: replica2: background writer
24187 postgres: replica2: startup recovering 0000000100000009000000BC
```

Текущее состояние: replica1 забирает журналы с master. master забирает журналы с replica1. replica2 забирает журналы с master. Все кластеры в режиме восстановления (физические реплики).

Часть 7. Переключение на реплику

Как реплику сделать мастером? Можно продвинуть `replica1` до мастера командой:

а) **pg_ctl promote -D /var/lib/postgresql/tantor-se-18-replica/data1**

б) вызвав функцию **psql -p 5433 -c "select pg_promote();"**

Можно выбрать любой способ.

1) Продвиньте `replica1` до мастера:

```
postgres@tantor:~$ psql -p 5433 -c "select pg_promote();"
 pg_promote
------------
 t
(1 row)
```

Сообщения в логах кластеров:

```
[25553] СООБЩЕНИЕ:  получен запрос повышения статуса
[18622] ВАЖНО:  завершение процесса считывания журнала по команде администратора
[25553] СООБЩЕНИЕ:  записи REDO обработаны до смещения 9/BC000718, нагрузка системы: CPU: пользов.: 0.94 с,
система: 1.13 с, прошло: 104038.32 с
[25553] СООБЩЕНИЕ:  выбранный ID новой линии времени: 2
[25553] СООБЩЕНИЕ:  восстановление архива завершено
[25551] СООБЩЕНИЕ:  начата контрольная точка: force
[20279] СООБЩЕНИЕ:  репликация прекращена главным сервером
[20279] ПОДРОБНОСТИ:  На линии времени 1 в 9/BC0007B0 достигнут конец журнала.
[20279] СООБЩЕНИЕ:  загрузка файла истории для линии времени 2 с главного сервера
[20279] ВАЖНО:  завершение процесса считывания журнала по команде администратора
[18617] СООБЩЕНИЕ:  новая целевая линия времени 2
[25550] СООБЩЕНИЕ:  система БД готова принимать подключения
[25551] СООБЩЕНИЕ:  контрольная точка завершена: записано буферов: 2 (0.0%); добавлено файлов WAL 0,
удалено: 0, переработано: 0; запись=0.002 сек., синхр.=0.001 сек., всего=0.014 сек.;
синхронизировано_файлов=2, самая_долгая_синхр.=0.001 сек., средняя=0.001 сек.; расстояние=0 kB, ожидалось=0
kB; lsn=9/BC000828, lsn redo=9/BC0007E0
[4727] СООБЩЕНИЕ:  начало передачи журнала с главного сервера, с позиции 9/BC000000 на линии времени 2
[18617] СООБЩЕНИЕ:  запись REDO начинается со смещения 9/BC0007B0
[18692] СООБЩЕНИЕ:  репликация прекращена главным сервером
[18692] ПОДРОБНОСТИ:  На линии времени 1 в 9/BC0007B0 достигнут конец журнала.
[18692] СООБЩЕНИЕ:  загрузка файла истории для линии времени 2 с главного сервера
[18692] ВАЖНО:  завершение процесса считывания журнала по команде администратора
[24187] СООБЩЕНИЕ:  новая целевая линия времени 2
[4730] СООБЩЕНИЕ:  начало передачи журнала с главного сервера, с позиции 9/BC000000 на линии времени 2
```

2) Посмотрите статус слотов репликации:

```
postgres@tantor:~$ psql -p 5433

postgres=# select slot_name, active, restart_lsn, wal_status from
pg_replication_slots;
 slot_name | active | restart_lsn  | wal_status
-----------+--------+--------------+------------
 master    | t      | 9/BC000908   | reserved
 replica2  | f      |              |
(2 строки)

postgres=# select * from pg_stat_replication \gx
-[ RECORD 1 ]----+------------------------------
pid              | 4729
usesysid         | 10
usename          | postgres
application_name | master
client_addr      |
client_hostname  |
client_port      | -1
backend_start    | 19:31:35.37509+03
backend_xmin     |
state            | streaming
sent_lsn         | 9/BC000908
```

```
write_lsn        | 9/BC000908
flush_lsn        | 9/BC000908
replay_lsn       | 9/BC000908
write_lag        |
flush_lag        |
replay_lag       |
sync_priority    | 0
sync_state       | async
reply_time       | 19:40:25.699932+03

postgres=# \c postgres postgres /var/run/postgresql 5432
Вы подключены к базе данных "postgres" как пользователь "postgres" через сокет
в "/var/run/postgresql", порт "5432".

postgres=# select slot_name, active, restart_lsn, wal_status from
pg_replication_slots;
 slot_name | active | restart_lsn  | wal_status
-----------+--------+--------------+------------
 pgstandby1 | f      | 0/19187E70   | lost
 replica1   | f      | 9/BC0007B0   | reserved
 replica2   | t      | 9/BC000908   | reserved
(3 строки)


postgres=# select * from pg_stat_replication \gx
-[ RECORD 1 ]----+------------------------------
pid              | 4731
usesysid         | 10
usename          | postgres
application_name | replica2
client_addr      |
client_hostname  |
client_port      | -1
backend_start    | 19:31:35.411578+03
backend_xmin     |
state            | streaming
sent_lsn         | 9/BC000908
write_lsn        | 9/BC000908
flush_lsn        | 9/BC000908
replay_lsn       | 9/BC000908
write_lag        |
flush_lag        |
replay_lag       |
sync_priority    | 0
sync_state       | async
reply_time       | 19:45:05.821085+03
```

Новый мастер replica1 передает журнальные данные физической реплике master. Физическая реплика master передает журнальные данные физической реплике replica1.

В списке слотов бывшего мастера присутствует слот **replica1**, который был инициализирован, пока он был мастером. Названия слотов не зависят от названий кластеров. Кластеры неотличимы друг от друга и бывший мастер не может сопоставить то, что слот replica1 использовался новым мастером. Это слот заставит master удерживать журнальные файлы для репликационного клиента, который вряд ли подсоединится, так как он теперь мастер.

Что хорошо: с использованием каскадирования можно сохранять журнальные файлы не на мастере, а на репликах, с которых другие реплики забирают журнальные записи.

3) При продвижении `replica1` до мастера, **линия времени увеличилась на единицу**. Это отражается в управляющих файлах и названиях файлов журналов. Также в директориях `PGDATA/pg_wal` кластеров были созданы текстовые файлы `00000002.history` в названии которых имеется **номер линии времени**.

Посмотрите содержимое файла истории:

```
postgres@tantor:~$ cat
/var/lib/postgresql/tantor-se-18-replica/data1/pg_wal/*.history
1       9/BC0007B0      no recovery target specified
```

4) Посмотрите линию времени в управляющем файле теперь уже реплики `master` (у остальных кластеров то же самое):

```
postgres@tantor:~$ pg_controldata | grep timeline
postgres@tantor:~$ pg_controldata | grep времени
Линия времени последней конт. точки:  2
Пред. линия времени последней к. т.:  2
Линия времени мин. положения к. в.:   2
Формат хранения даты/времени:         64-битные целые
```

Этот файл будет использоваться в процессе восстановления с бэкапов, которые были созданы до появления новой линии времени.

5) **Неиспользуемые инициализированные** слоты репликации **всегда** нужно удалять.

Иначе эти слоты будут удерживать журналы до достижения `max_slot_wal_keep_size`, статус слота сменится на `unreserved`. Если после контрольной точки (файлы удаляются после прохождения контрольной точки) файлы журналов не удалятся, благодаря удержанию параметром `wal_keep_size`, то статус лота изменится на `extended`. Если удалятся, то статус слота изменится на `lost` и слот станет бесполезен.

Удалите слоты, которые не будете использовать:

```
postgres@tantor:~$ psql -c "select pg_drop_replication_slot('replica1');"

 pg_drop_replication_slot
--------------------------

(1 строка)
```

6) Заранее создадим неинициализированный слот репликации для следующей смены ролей:

```
postgres@tantor:~$
psql -c "select pg_create_physical_replication_slot('replica1');"

 pg_create_physical_replication_slot
-------------------------------------
 (replica1,)
(1 строка)
```

7) Проверьте список слотов:

```
postgres@tantor:~$ psql -c "select slot_name, active, restart_lsn, wal_status
from pg_replication_slots;"
 slot_name | active | restart_lsn  | wal_status
-----------+--------+--------------+------------
```

```
 replica1   | f       |              |
 replica2   | t       | 9/BC000908   | reserved
(2 строки)
```

Слот `replica1` не инициализирован и не будет удерживать журналы.

Часть 8. Включение обратной связи

1) Если реплики планируется использовать для обслуживания запросов, то для защиты от сбоев долгих запросов на реплике можно настроить параметры, которые либо задержат применение журнальных записей на реплике, либо сообщат мастеру о том, что на реплике работают долгие запросы, и удалять старые версии строк не нужно.

Установите значение параметра `hot_standby_feedback=on` на реплике `master`:

```
postgres@tantor:~$ psql

postgres=# alter system set hot_standby_feedback = on;
select pg_reload_conf();
ALTER SYSTEM
 pg_reload_conf
----------------
 t
(1 строка)
```

2) Протестировать обратную связь можно, открыв транзакцию на реплике `master`:

```
postgres=# begin transaction isolation level repeatable read;
BEGIN
postgres=*# select 1;
 ?column?
----------
        1
(1 row)
```

Транзакция началась в момент начала выполнения `select`.

3) В самих репликах искать процессы, выполняющие команды, удерживающие горизонт можно так же, как и на мастере - запросом к `pg_stat_activity`. Выполните на реплике запрос:

```
postgres=*# SELECT backend_xmin, backend_xid, pid, datname, state FROM
pg_stat_activity WHERE backend_xmin IS NOT NULL OR backend_xid IS NOT NULL ORDER
BY greatest(age(backend_xmin), age(backend_xid)) DESC;
 backend_xmin | backend_xid | pid  | datname  | state
--------------+-------------+------+----------+--------
        17580 |             | 4117 | postgres | active
(1 строка)
```

4) В другом окне терминала, в другой сессии к кластеру `replica1`, являющемуся мастером:

```
postgres@tantor:~$ psql -p 5433 -c "select slot_name, active, active_pid, xmin
from pg_replication_slots;"
 slot_name | active | active_pid | xmin
-----------+--------+------------+-------
 master    | t      |       4729 | 17580
 replica2  | f      |            |
(2 строки)
```

Реплика удерживает горизонт всех баз данных кластера (на мастере не могут удаляться вакуумом старые версии строк) на `xid=17580`.

5) Получите номер транзакции на мастере (на репликах номера транзакций не выдаются):

```
postgres@tantor:~$ psql -p 5433 -c "select pg_current_xact_id();"
 pg_current_xact_id
--------------------
```

```
               17580
(1 строка)
```

6) Можно выполнить транзакции, но достаточно просто увеличить счетчик транзакций.

Получите номер транзакции, и счетчик транзакций увеличится:

```
postgres@tantor:~$ psql -p 5433 -c "select pg_current_xact_id();"
 pg_current_xact_id
--------------------
              17581
(1 строка)
```

7) Выполните на мастере запрос, который покажет, какой серверный процесс экземпляра мастера удерживает горизонт:

```
postgres@tantor:~$ psql -p 5433 -c "SELECT backend_xmin, backend_xid, pid,
datname, state FROM pg_stat_activity WHERE backend_xmin IS NOT NULL OR
backend_xid IS NOT NULL ORDER BY greatest(age(backend_xmin), age(backend_xid))
DESC;"
 backend_xmin | backend_xid | pid  | datname  | state
--------------+-------------+------+----------+--------
        17582 |             | 6562 | postgres | active
(1 row)
```

pg_stat_activity показывает только процессы своего экземпляра.

8) Выполните команду:

```
postgres@tantor:~$ psql -p 5433 -c "select slot_name, active, active_pid, xmin
from pg_replication_slots;"
 slot_name | active | active_pid | xmin
-----------+--------+------------+-------
 master    | t      |       4729 | 17580
 replica2  | f      |            |
(2 строки)
```

Горизонт всех баз данных мастера (текущий мастер - это `replica1`) удерживается на `xid=`**17580**.

9) На реплике посмотрите данные о процессах реплики:

```
postgres@tantor:~$ psql -c "SELECT backend_xmin, backend_xid, pid, datname, state
FROM pg_stat_activity WHERE backend_xmin IS NOT NULL OR backend_xid IS NOT NULL
ORDER BY greatest(age(backend_xmin), age(backend_xid)) DESC;"
 backend_xmin | backend_xid | pid  | datname  |        state
--------------+-------------+------+----------+---------------------
        17580 |             | 4117 | postgres | idle in transaction
        17582 |             | 7692 | postgres | active
(2 rows)
```

`4117 - pid` серверного процесса, в котором **открыта транзакция**.

`7692 - pid` серверного процесса на `master`, в котором выполнялся этот запрос. **17582** означает, что этот серверный процесс выдаёт актуальные данные (в соответствии с изменениями, приехавшими с мастера и примененными к реплике).

7) Завершите открытую транзакцию в том окне, где она открыта:

```
postgres=*# commit;
COMMIT
```

8) **В пределах 10 секунд** (значение параметра **walreceiver_status_interval**) xmin на replica1 перестанет удерживаться и xmin увеличится:

```
postgres@tantor:~$ psql -p 5433 -c "select slot_name, active, active_pid, xmin
from pg_replication_slots;"
 slot_name | active | active_pid | xmin
-----------+--------+------------+-------
 master    | t      |       4729 | 17582
 replica2  | f      |            |
(2 строки)
```

4729 - pid walsender на replica1. Это можно проверить командой:

```
postgres@tantor:~$ ps -ef | grep 4729
postgres  4729 25550 postgres: replica1: walsender postgres [local] streaming
9/BC0017B8
```

Часть 9. Утилита pg_rewind

1) Остановите `replica1`:

```
postgres@tantor:~$ pg_ctl stop -D /var/lib/postgresql/tantor-se-18-replica/data1
ожидание завершения работы сервера...
[25550] СООБЩЕНИЕ:  получен запрос на быстрое выключение
[25550] СООБЩЕНИЕ:  прерывание всех активных транзакций
[25550] СООБЩЕНИЕ:  фоновый процесс "logical replication launcher" (PID 4728) завершился с кодом
выхода 1
[25551] СООБЩЕНИЕ:  выключение
[25551] СООБЩЕНИЕ:  начата контрольная точка: shutdown immediate
[25551] СООБЩЕНИЕ:  контрольная точка завершена: записано буферов: 0 (0.0%); добавлено файлов WAL
0, удалено: 0, переработано: 0; запись=0.001 сек., синхр.=0.001 сек., всего=0.012 сек.;
синхронизировано_файлов=0, самая_долгая_синхр.=0.000 сек., средняя=0.000 сек.; расстояние=0 kB,
ожидалось=0 kB; lsn=9/BC001950, lsn redo=9/BC001950
[25550] СООБЩЕНИЕ:  система БД выключена
 готово
сервер остановлен
```

2) Подсоединитесь к `master` (порт 5432) и повысьте его до мастера:

```
postgres@tantor:~$ psql -c "select pg_promote();"

LOG:  replication terminated by primary server
DETAIL:  End of WAL reached on timeline 2 at 9/BC001A18.
LOG:  fetching timeline history file for timeline 3 from primary server
FATAL:  terminating walreceiver process due to administrator command
LOG:  new target timeline is 3
СООБЩЕНИЕ:  неверная длина записи в позиции 9/BC001B40: ожидалось минимум 26, получено 0
СООБЩЕНИЕ:  начало передачи журнала с главного сервера, с позиции 9/BC000000 на линии
времени 3

 pg_promote
------------
 t
(1 строка)
```

3) Сейчас `master` является мастером, к нему подсоединена `replica2`, которая не останавливалась и принимает журнальные данные.

Мы корректно остановили `replica1` до продвижения нового мастера. Можем ли мы запустить `replica1` или нужно ещё что-то сделать?

В демонстрационных целях запустим и остановим `replica1`. Это эквивалентно тому, как если бы мы забыли остановить `replica1` до продвижения `master`, или тому, как если бы экземпляр `replica1` некорректно остановился и не успел бы передать последнюю журнальную запись на `master`.

```
postgres@tantor:~$ pg_ctl start -D /var/lib/postgresql/tantor-se-18-replica/data1

ожидание запуска сервера....
СООБЩЕНИЕ:  запускается PostgreSQL 18.3 on x86_64-pc-linux-gnu, compiled by gcc (Astra 12.2.0-14.astra3)
12.2.0, 64-bit
СООБЩЕНИЕ:  для приёма подключений по адресу IPv4 "0.0.0.0" открыт порт 5433
СООБЩЕНИЕ:  для приёма подключений по адресу IPv6 "::" открыт порт 5433
СООБЩЕНИЕ:  для приёма подключений открыт Unix-сокет "/var/run/postgresql/.s.PGSQL.5433"
СООБЩЕНИЕ:  система БД была выключена:
СООБЩЕНИЕ:  система БД готова принимать подключения
 готово
сервер запущен
```

4) Остановите `replica1`:

```
postgres@tantor:~$ pg_ctl stop -D /var/lib/postgresql/tantor-se-18-replica/data1
```

```
ожидание завершения работы сервера....
СООБЩЕНИЕ: получен запрос на быстрое выключение
СООБЩЕНИЕ: прерывание всех активных транзакций
СООБЩЕНИЕ: фоновый процесс "logical replication launcher" (PID 27234) завершился с кодом выхода 1
СООБЩЕНИЕ: выключение
СООБЩЕНИЕ: начата контрольная точка: shutdown immediate
СООБЩЕНИЕ: контрольная точка завершена: записано буферов: 3 (0.0%); добавлено файлов WAL 0, удалено: 0, переработано: 0; запись=0.001 сек., синхр.=0.001 сек., всего=0.004 сек.; синхронизировано_файлов=2, самая_долгая_синхр.=0.001 сек., средняя=0.001 сек.; расстояние=0 kB, ожидалось=0 kB; lsn=9/BC001A30, lsn redo=9/BC001A30
СООБЩЕНИЕ: система БД выключена
 готово
сервер остановлен
```

5) Перед запуском мы не создали файл `standby.signal` и кластер запустился с ролью мастера.

Создайте файл `standby.signal`:

```
postgres@tantor:~$
touch /var/lib/postgresql/tantor-se-18-replica/data1/standby.signal
```

Но уже поздно: при остановке была выполнена контрольная точка и создана журнальная запись на линии времени 2.

Если сейчас снова запустить экземпляр `replica1`, то `master` будет отказывать ему в доступе, `replica1` будет переподсоединяться к `master` без задержки, и **безостановочно** писать сообщения в диагностический лог. Пример таких сообщений:

```
СООБЩЕНИЕ:  начало передачи журнала с главного сервера, с позиции 9/BC000000 на линии времени 2
СООБЩЕНИЕ:  репликация прекращена главным сервером
ПОДРОБНОСТИ:  На линии времени 2 в 9/BC0019E8 достигнут конец журнала.
ВАЖНО:  завершение процесса считывания журнала по команде администратора
СООБЩЕНИЕ:  новая линия времени 3 ответвилась от текущей линии времени базы данных 2 до текущей точки восстановления 9/BC001AC8
СООБЩЕНИЕ:  waiting for WAL to become available at 9/BC001AE2
```

В таком случае можно попробовать использовать утилиту `pg_rewind`.

6) Дайте команду:

```
postgres@tantor:~$ pg_rewind -D /var/lib/postgresql/tantor-se-18-replica/data1
--source-server='user=postgres port=5432' -R -P
pg_rewind: подключение к серверу установлено
pg_rewind: серверы разошлись в позиции WAL 9/BC0019E8 на линии времени 2
pg_rewind: перемотка от последней общей контрольной точки в позиции 9/BC001950
на линии времени 2
pg_rewind: чтение списка исходных файлов
pg_rewind: чтение списка целевых файлов
pg_rewind: чтение WAL в целевом кластере
pg_rewind: требуется скопировать 194 МБ (общий размер исходного каталога: 615
МБ)
199097/199097 КБ (100%) скопировано
pg_rewind: создание метки копии и модификация управляющего файла
pg_rewind: синхронизация целевого каталога данных
pg_rewind: Готово!
```

Можно ли запускать экземпляр кластера? **Нельзя**. Утилита `pg_rewind` синхронизировала все файлы с мастером, в том числе файлы параметров конфигурации, и они содержат настройки мастера.

До **запуска утилиты `pg_rewind` стоит сохранять файлы параметров, которые лежат в PGDATA.**

7) Отредактируйте файл `postgresql.auto.conf`, приведя его к такому виду:

```
postgres@tantor:~$ mcedit
/var/lib/postgresql/tantor-se-18-replica/data1/postgresql.auto.conf

# Do not edit this file manually!
# It will be overwritten by the ALTER SYSTEM command.
shared_preload_libraries = 'pg_stat_statements, pg_qualstats, pg_store_plans,
pg_prewarm, pg_stat_kcache'
log_filename = 'postgresql-%F.log'
cluster_name = 'replica1'
primary_slot_name = 'replica1'
primary_conninfo = 'user=postgres port=5432'
hot_standby_feedback = 'on'
wal_retrieve_retry_interval = '30s'
port = 5433
```

8) Запустите экземпляр `replica1`:

```
postgres@tantor:~$ pg_ctl start -D /var/lib/postgresql/tantor-se-18-replica/data1

ожидание запуска сервера....
[18861] СООБЩЕНИЕ:  запускается PostgreSQL 18.3 on x86_64-pc-linux-gnu, compiled by gcc (Astra
12.2.0-14.astra3) 12.2.0, 64-bit
[18861] СООБЩЕНИЕ:  для приёма подключений по адресу IPv4 "0.0.0.0" открыт порт 5433
[18861] СООБЩЕНИЕ:  для приёма подключений по адресу IPv6 "::" открыт порт 5433
[18861] СООБЩЕНИЕ:  для приёма подключений открыт Unix-сокет "/var/run/postgresql/.s.PGSQL.5433"
[18864] СООБЩЕНИЕ:  работа системы БД была прервана в процессе восстановления, время в журнале:
[18864] ПОДСКАЗКА:  Если это происходит постоянно, возможно, какие-то данные были испорчены и для
восстановления стоит выбрать более раннюю точку.
[18864] СООБЩЕНИЕ:  переход в режим резервного сервера
[18864] СООБЩЕНИЕ:  запись REDO начинается со смещения 9/BC0019E8
[18864] СООБЩЕНИЕ:  согласованное состояние восстановления достигнуто в позиции 9/BC001D48
[18864] СООБЩЕНИЕ:  неверная длина записи в позиции 9/BC001D48: ожидалось минимум 26, получено 0
[18861] СООБЩЕНИЕ:  система БД готова принимать подключения в режиме "только чтение"
[18865] СООБЩЕНИЕ:  начало передачи журнала с главного сервера, с позиции 9/BC000000 на линии времени 3
 готово
сервер запущен
```

9) Проверьте статистику репликации на мастере:

```
postgres@tantor:~$ psql -c "select * from pg_stat_replication" -x
-[ RECORD 1 ]----+------------------------------
pid              | 23531
usesysid         | 10
usename          | postgres
application_name | replica2
client_addr      |
client_hostname  |
client_port      | -1
backend_start    | 12:32:18.89956+03
backend_xmin     |
state            | streaming
sent_lsn         | 9/BC001D48
write_lsn        | 9/BC001D48
flush_lsn        | 9/BC001D48
replay_lsn       | 9/BC001D48
write_lag        |
flush_lag        |
```

```
replay_lag       |
sync_priority    | 0
sync_state       | async
reply_time       | 13:17:04.270387+03
-[ RECORD 2 ]----+------------------------------
pid              | 18866
usesysid         | 10
usename          | postgres
application_name | replica1
client_addr      |
client_hostname  |
client_port      | -1
backend_start    | 13:13:42.353704+03
backend_xmin     |
state            | streaming
sent_lsn         | 9/BC001D48
write_lsn        | 9/BC001D48
flush_lsn        | 9/BC001D48
replay_lsn       | 9/BC001D48
write_lag        |
flush_lag        |
replay_lag       |
sync_priority    | 0
sync_state       | async
reply_time       | 13:17:02.430073+03
```

Обе реплики принимают журнальные данные и накатывают их.

Напоминание: обратная связь (`hot_standby_feedback = 'on'`) включена на `master` и `replica1`.

Глава 8b. Логическая репликация

Часть 1. Репликация таблицы

1) Повысьте реплику на порту 5433 до мастера:

```
postgres@tantor:~$ psql -p 5433 -c "select pg_promote()"
 pg_promote
------------
 t
(1 строка)
```

Сейчас два мастера на портах 5432 и 5433. У мастера на порту 5432 есть реплика на порту 5434.

Пример сообщений в логе о повышении реплики:

```
[18864] СООБЩЕНИЕ:  получен запрос повышения статуса
[9445] ВАЖНО:  завершение процесса считывания журнала по команде администратора
[18864] СООБЩЕНИЕ:  неверная длина записи в позиции 9/BC09D2D0: ожидалось
минимум 26, получено 0
[18864] СООБЩЕНИЕ:  записи REDO обработаны до смещения 9/BC09D288, нагрузка
системы: CPU: пользов.: 0.09 с, система: 0.11 с, прошло: 17564.43 с
[18864] СООБЩЕНИЕ:  последняя завершённая транзакция была выполнена в
18:03:37.805708+03
```

5) Проверьте, что в логе добавились строки:

```
[18864] СООБЩЕНИЕ:  выбранный ID новой линии времени: 4
[18864] СООБЩЕНИЕ:  восстановление архива завершено
[18862] СООБЩЕНИЕ:  начата контрольная точка: force
[18861] СООБЩЕНИЕ:  система БД готова принимать подключения
[18862] СООБЩЕНИЕ:  контрольная точка завершена: записано буферов: 7 (0.0%);
добавлено файлов WAL 0, удалено: 0, переработано: 0; запись=0.504 сек.,
синхр.=0.004 сек., всего=0.510 сек.; синхронизировано_файлов=7,
самая_долгая_синхр.=0.002 сек., средняя=0.001 сек.; расстояние=29 kB,
ожидалось=159 kB; lsn=9/BC09D3C8, lsn redo=9/BC09D338
```

2) Удалите слот репликации `replica1` в кластере `master` (порт 5432), который использовался `replica1` (порт 5433) и уже не нужен:

```
postgres@tantor:~$ psql -p 5432 -c "select slot_name, slot_type, active,
restart_lsn, wal_status from pg_replication_slots;"

 slot_name | slot_type | active | restart_lsn | wal_status
-----------+-----------+--------+-------------+------------
 replica2  | physical  | t      | 9/BC09D3F8  | reserved
 replica1  | physical  | f      | 9/BC09D2D0  | reserved
(2 rows)

postgres@tantor:~$ psql -p 5432 -c "select pg_drop_replication_slot('replica1');"
 pg_drop_replication_slot
--------------------------

(1 строка)

postgres@tantor:~$ psql -p 5432 -c "select slot_name, slot_type, active,
restart_lsn, wal_status from pg_replication_slots;"

 slot_name | slot_type | active | restart_lsn | wal_status
```

```
-----------+-----------+--------+------------+------------
 replica2  | physical  | t      | 9/BC09D3F8  | reserved
(1 строка)
```

На replica2 есть два неинициализированных слота репликации:

```
postgres@tantor:~$ psql -p 5434 -c "select slot_name, slot_type, active,
restart_lsn, wal_status from pg_replication_slots;"

 slot_name | slot_type | active | restart_lsn | wal_status
-----------+-----------+--------+-------------+------------
 master    | physical  | f      |             |
 replica1  | physical  | f      |             |
(2 строки)
```

3) Проверьте, какие таблицы в базе postgres на порту 5432 не имеют репликационного идентификатора:

```
postgres@tantor:~$ psql -p 5432 -c "SELECT
relnamespace::regnamespace||'.'||relname "table"
 FROM pg_class
 WHERE relreplident IN ('d','n') -- d первичный ключ, n никакие
  AND relkind IN ('r','p') -- r таблица, p секционированная
  AND oid NOT IN (SELECT indrelid FROM pg_index WHERE indisprimary)
  AND relnamespace <> 'pg_catalog'::regnamespace
  AND relnamespace <> 'information_schema'::regnamespace
ORDER BY 1;"
  table
----------
 public.a
 utl_file.utl_file_dir
(3 строки)
```

4) Удалите таблицы a, t, t2, если они существуют:

```
postgres@tantor:~$ psql -p 5432 -c "drop table if exists t"
psql -p 5432 -c "drop table if exists a"
NOTICE:  table "t" does not exist, skipping
DROP TABLE
DROP TABLE
```

5) Создайте таблицу, которую будем реплицировать, и вставьте строку:

```
postgres@tantor:~$ psql -p 5432 -c "create table t (id bigserial PRIMARY KEY, t
text)"
psql -p 5432 -c "insert into t (t) values ('a')"
CREATE TABLE
INSERT 0 1
```

6) Создайте определение таблицы-приемника в базе postgres кластера на порту 5433:

```
postgres@tantor:~$ pg_dump -t t --schema-only --clean --if-exists | psql -p 5433
```

Этот шаг обязательный: структуру таблицы, в которую будут реплицироваться изменения, нужно создавать отдельно, так как в функционале логической репликации нет автоматического создания таблиц. Таблица и столбцы должны иметь те же названия. Порядок столбцов не важен, могут быть дополнительные столбцы, наличие которых не мешало бы вставлять строки. Препятствие для вставки строк: наличие ограничения целостности NOT NULL в отсутствие значения по умолчанию DEFAULT.

7) Установите `wal_level=logical` на всех кластерах.

Установите **hot_standby_feedback=on** на replica2, он не был установлен в предыдущей практике. **Включение обратной связи обязательно для логической репликации,** в противном случае при изменении определения и набора таблиц в публикации (то, что меняет строки в таблицах системного каталога, которые хранят данные о свойствах реплицируемых таблиц) могут возникать ошибки "Этот слот был аннулирован из-за конфликта с восстановлением".

Установите **checkpoint_timeout='30min'**, чтобы контрольные точки и точки перезапуска (по умолчанию, раз в 5 минут) не писали сообщения в логи кластеров, затрудняя чтение сообщений логической репликации:

```
postgres@tantor:~$ psql -p 5432 -c "ALTER SYSTEM SET wal_level=logical"
psql -p 5433 -c "ALTER SYSTEM SET wal_level=logical"
psql -p 5434 -c "ALTER SYSTEM SET wal_level=logical"
psql -p 5434 -c "ALTER SYSTEM SET hot_standby_feedback=on"
psql -p 5432 -c "alter system set checkpoint_timeout='30min'"
psql -p 5433 -c "alter system set checkpoint_timeout='30min'"
psql -p 5434 -c "alter system set checkpoint_timeout='30min'"
Pager usage is off.
ALTER SYSTEM
Pager usage is off.
ALTER SYSTEM
Pager usage is off.
ALTER SYSTEM
Pager usage is off.
ALTER SYSTEM
Pager usage is off.
ALTER SYSTEM
Pager usage is off.
ALTER SYSTEM
```

Изменение параметра **wal_level** требует перезапуска экземпляров. **Убедитесь** в этом:

```
postgres@tantor:~$ psql -p 5432 -c "select pg_reload_conf()"
psql -p 5432 -c "select * from pg_settings where name = 'wal_level'" -x
 pg_reload_conf
----------------
 t
(1 строка)
-[ RECORD 1 ]---+------------------------
name            | wal_level
setting         | replica
unit            |
category        | Write-Ahead Log / Settings
short_desc      | Sets the level of information written to the WAL.
extra_desc      |
context         | postmaster
vartype         | enum
source          | default
min_val         |
max_val         |
enumvals        | {minimal,replica,logical}
boot_val        | replica
reset_val       | replica
sourcefile      |
sourceline      |
pending_restart | t
```

8) Остановите и запустите экземпляры в окне (окнах) терминала, в котором (которых) хотите получать диагностические сообщения:

```
postgres@tantor:~$ pg_ctl stop -D /var/lib/postgresql/tantor-se-18-replica/data2
pg_ctl stop -D /var/lib/postgresql/tantor-se-18-replica/data1
pg_ctl stop -D /var/lib/postgresql/tantor-se-18/data

pg_ctl start -D /var/lib/postgresql/tantor-se-18/data
pg_ctl start -D /var/lib/postgresql/tantor-se-18-replica/data1
pg_ctl start -D /var/lib/postgresql/tantor-se-18-replica/data2
```

Можно использовать несколько окон терминала, чтобы было удобнее видеть, от какого экземпляра какие сообщения выводятся. В одном окне терминала сложно отличить сообщения от разных экземпляров. Три терминала удобно открыть как закладки, а не окна. Для открытия терминала в виде закладки можно выбрать в меню терминала `File -> New Tab -> `**`Терминал Fly`, или комбинацию клавиш** `<ctrl+t>`.

Ссылки для переключения между закладками находятся слева внизу окна терминала и отображают числа, начиная с числа 1.

9) Создайте публикацию для таблицы `t`:

```
postgres@tantor:~$ psql -p 5432 -c "CREATE PUBLICATION t for TABLE t"
CREATE PUBLICATION
```

10) Создайте подписку на `replica1`, подсоединяющуюся к физической реплике `replica2`. Подсоединение к физической реплике усложняет топологию, но уменьшает нагрузку на мастер. Имя подписки определяет по умолчанию имя логического слота репликации и должно быть уникальным во всей конфигурации:

```
postgres@tantor:~$ psql -p 5433 -c "CREATE SUBSCRIPTION sub1 CONNECTION
'dbname=postgres port=5434 user=postgres' PUBLICATION t WITH (origin=none)"
```

Если бы подписка подсоединялась напрямую к мастеру, то команда выдала бы результат сразу. У нас подписка подсоединена к физической реплике и команда создания подписки подвиснет. Через 15-17 секунд команда отвиснет и выдаст следующий результат:

```
ЗАМЕЧАНИЕ:  на сервере публикации создан слот репликации "sub1"
CREATE SUBSCRIPTION
```

Если команда создания подписки висит больше 20 секунд, то это означает, что никакой активности фоновых и серверных процессов на мастере нет, в этом случае выполните следующий пункт практики. При реальной работе транзакции на мастере присутствуют команды создания подписок, и команды начальной синхронизации будут выполняться с задержкой до ~20 секунд.

11) Если команда создания подписки висит и не выдаёт результат, то в любом другом окне терминала можно дать команду:

```
postgres@tantor:~$ psql -p 5432 -c "select pg_log_standby_snapshot()"
 pg_log_standby_snapshot
-------------------------
```

```
 9/BC0D9C58
(1 строка)
```

В логе кластеров видны **команды репликационного протокола**:

```
[12447] СООБЩЕНИЕ:  процесс логического декодирования достиг точки
согласованности в 9/BC0D9C10
[12447] ПОДРОБНОСТИ:  Больше активных транзакций нет.
ОПЕРАТОР:  CREATE_REPLICATION_SLOT "sub1" LOGICAL pgoutput (SNAPSHOT 'nothing')
[12551] СООБЩЕНИЕ:  запускается применяющий процесс логической репликации для
подписки "sub1"
[12552] СООБЩЕНИЕ:  начинается логическое декодирование для слота "sub1"
[12552] ПОДРОБНОСТИ:  Передача транзакций, фиксируемых после 9/BC0D9C58, чтение
WAL с 9/BC0D9C10.
[12552] ОПЕРАТОР:  START_REPLICATION SLOT "sub1" LOGICAL 0/0 (proto_version '4',
origin 'none', publication_names '"t"')
```

После следующего сообщения команда создания подписки выдаст результат:

```
[12552] СООБЩЕНИЕ:  процесс логического декодирования достиг точки
согласованности в 9/BC0D9C10
[12552] ПОДРОБНОСТИ:  Больше активных транзакций нет.
[12552] ОПЕРАТОР:  START_REPLICATION SLOT "sub1" LOGICAL 0/0 (proto_version '4',
origin 'none', publication_names '"t"')
[12553] СООБЩЕНИЕ:  процесс синхронизации таблицы при логической репликации для
подписки "sub1", таблицы "t" запущен
```

Процессы 12551 и 12553 - это процессы `replica1`.

Остальные процессы - это процессы `replica2`.

12) **Процесс синхронизации запустился**, но в отсутствие транзакций на мастере, он будет висеть и ожидать точки синхронизации. Для ускорения синхронизации вызовите функцию `pg_log_standby_snapshot()` на мастере ещё раз, либо перейдите к 13-му пункту, в котором выполняется транзакция на мастере:

```
postgres@tantor:~$ psql -p 5433 -c "select * from t"
 id | t
----+---
(0 строк)

postgres@tantor:~$ psql -p 5432 -c "select pg_log_standby_snapshot()"
 pg_log_standby_snapshot
-------------------------
 9/BC1CADE0
(1 строка)
```

После вызова функции (либо контрольной точки, либо через некоторое время после появления любой транзакции на мастере и передачи журнальной записи на физическую реплику) появится сообщение:

```
[12601] СООБЩЕНИЕ:  процесс синхронизации таблицы при логической репликации для
подписки "sub1", таблицы "t" закончил обработку
```

В логе физической реплики появятся сообщения о том, что слот достиг точки согласованности и готов к работе:

```
СООБЩЕНИЕ:  процесс логического декодирования достиг точки согласованности в
9/BC263F10
ПОДРОБНОСТИ:  Больше активных транзакций нет.
```

```
ОПЕРАТОР:  CREATE_REPLICATION_SLOT "pg_43351_sync_43342_7353194261070147214"
LOGICAL pgoutput (SNAPSHOT 'use')
СООБЩЕНИЕ:  начинается логическое декодирование для слота
"pg_43351_sync_43342_7353194261070147214"
ПОДРОБНОСТИ:  Передача транзакций, фиксируемых после 9/BC263F58, чтение WAL с
9/BC263E48.
ОПЕРАТОР:  START_REPLICATION SLOT "pg_43351_sync_43342_7353194261070147214"
LOGICAL 9/BC263F58 (proto_version '4', origin 'none', publication_names '"t"')


postgres@tantor:~$ psql -p 5433 -c "select * from t"
 id | t
----+---
  1 | a
(1 строка)
```

13) Проверьте, что репликация идёт:

```
postgres@tantor:~$ psql  -p 5432 -c "INSERT INTO t (t) VALUES ('b')"
psql -p 5433 -c "select * from t"
INSERT 0 1
 id | t
----+---
  1 | a
  2 | b
(2 rows)
```

Вставили в таблицу на мастере вторую строку. Подписка, подсоединенная к физической реплике, получила эту строку с физической реплики.

Примечание **к этой части практики:** далее приводится список команд, которые позволяют повторить создание подписки (начиная с пункта 5 до 13-го пункта):

```
psql -p 5432 -c "checkpoint"
psql -p 5433 -c "drop SUBSCRIPTION sub1"
psql -p 5432 -c "drop PUBLICATION t"
psql -p 5432 -c "select pg_log_standby_snapshot()"
psql -p 5432 -c "drop table t"
psql -p 5432 -c "create table t (id bigserial PRIMARY KEY, t text)"
psql -p 5432 -c "insert into t (t) values ('a')"
pg_dump -t t --schema-only --clean --if-exists | psql -p 5433 > /dev/null
psql -p 5432 -c "CREATE PUBLICATION t for TABLE t"
psql -p 5432 -c "select pg_log_standby_snapshot()"
psql -p 5433 -c "CREATE SUBSCRIPTION sub1 CONNECTION 'dbname=postgres port=5434
user=postgres' PUBLICATION t WITH (origin=none)"
psql -p 5433 -c "select * from t"
psql -p 5432 -c "INSERT INTO t (t) VALUES ('b')"
psql -p 5433 -c "select * from t"
```

Часть 2. Репликация без первичного ключа (необязательна)

Эта часть практики необязательна.

1) Удалите первичный ключ таблицы t на источнике (порт 5432):

```
postgres@tantor:~$ psql -c "ALTER TABLE t DROP CONSTRAINT t_pkey"
ALTER TABLE
```

Можно было бы удалить ограничение целостности и на таблице-приёмнике, но не будем этого делать, так как позже снова добавим первичный ключ.

Если на источнике не вносить дублирующиеся строки, то на приёмнике ограничение целостности себя не будет проявлять. Если внести дубликат в столбце id, то применение записей в подписке приостановится.

```
postgres@tantor:~$ psql -c "\d t"
                                   Таблица "public.t"
 Столбец |  Тип   | Правило сортировки | Допустимость NULL |         По умолчанию
---------+--------+--------------------+-------------------+-------------------------------
 id      | bigint |                    | not null          | nextval('t_id_seq'::regclass)
 t       | text   |                    |                   |
Публикации:
    "t"

postgres@tantor:~$ psql -p 5433 -c "\d t"
                                   Таблица "public.t"
 Столбец |  Тип   | Правило сортировки | Допустимость NULL |         По умолчанию
---------+--------+--------------------+-------------------+-------------------------------
 id      | bigint |                    | not null          | nextval('t_id_seq'::regclass)
 t       | text   |                    |                   |
Индексы:
    "t_pkey" PRIMARY KEY, btree (id)
```

Последовательности для генерации значения столбца id и ограничение целостности **NOT NULL** сохранились и присутствуют в обеих таблицах.

2) Ключа на таблице нет. Проверим, что вставки строк не блокируются и корректно реплицируются. Вставьте строку в таблицу t:

```
postgres@tantor:~$ psql -c "INSERT INTO t (t) VALUES ('b')"
INSERT 0 1
```

3) Обновления и удаления блокируются. Дайте команды обновления и удаления строки и посмотрите, какая ошибка выдаётся:

```
postgres@tantor:~$ psql -c "update t set t='c' where id=2"

ОШИБКА:  изменение в таблице "t" невозможно, так как в ней отсутствует
идентификатор реплики, но она публикует изменения
ПОДСКАЗКА:  Чтобы эта таблица поддерживала изменение, установите REPLICA
IDENTITY, выполнив ALTER TABLE.

postgres@tantor:~$ psql -c "delete from t where id=2"

ОШИБКА:  удаление из таблицы "t" невозможно, так как в ней отсутствует
идентификатор реплики, но она публикует удаления
ПОДСКАЗКА:  Чтобы эта таблица поддерживала удаление, установите REPLICA
IDENTITY, выполнив ALTER TABLE.
```

4) Установите идентификаторами строк **все столбцы**:

```
postgres@tantor:~$ psql -c "ALTER TABLE t REPLICA IDENTITY FULL"
ALTER TABLE
```

5) Обновления и удаления теперь не блокируются и корректно реплицируются. Выполните команды:

```
postgres@tantor:~$ psql -c "update t set t='c' where id=3"
psql -c "delete from t where id=3"
psql -p 5432 -c "select * from  t"
psql -p 5433 -c "select * from  t"
UPDATE 1
DELETE 1
 id | t
----+---
  1 | a
  2 | b
(2 строки)
 id | t
----+---
  1 | a
  2 | b
(2 строки)
```

Команды вставки и удаления реплицировались корректно.

Использование **REPLICA IDENTITY FULL** нежелательно тем, что при выполнении на источнике UPDATE и DELETE, через журнал передаются значения всех столбцов, а это увеличивает трафик. Если фактически можно идентифицировать строки по нескольким столбцам, то стоит их использовать в качестве идентификатора - первичного ключа.

6) Посмотрим, что будет, если установить способ идентификации строк в **NOTHING**.

Выполните команду:

```
postgres@tantor:~$ psql -c "ALTER TABLE t REPLICA IDENTITY NOTHING"
ALTER TABLE
```

7) Выполните команду обновления строки:

```
postgres@tantor:~$ psql -c "update t set t='c' where id =2"

ОШИБКА:  изменение в таблице "t" невозможно, так как в ней отсутствует
идентификатор реплики, но она публикует изменения
ПОДСКАЗКА:  Чтобы эта таблица поддерживала изменение, установите REPLICA
IDENTITY, выполнив ALTER TABLE.
```

Ошибка такая же, как была прежде: нет идентификатора для опубликования обновления или удаления.

8) Ни добавление первичного ключа, ни REFRESH, ни DISABLE подписки не устранят ошибку. В следующих пунктах проверим это.

Приостановите подписку:

```
postgres@tantor:~$ psql  -p 5433 -c "ALTER SUBSCRIPTION sub1 DISABLE"
ALTER SUBSCRIPTION
```

9) Посмотрите статус подписки командой psql **\dRs**:

```
postgres@tantor:~$ psql  -p 5433 -c "\dRs"
            Список подписок
 Имя   | Владелец | Включён  | Публикация
------+----------+---------+------------
 sub1 | postgres | f        | {t}
(1 строка)
```

10) На источнике попробуйте обновить строку:

```
postgres@tantor:~$ psql -c "update t set t='c' where id =2"

ОШИБКА:  изменение в таблице "t" невозможно, так как в ней отсутствует
идентификатор реплики, но она публикует изменения
ПОДСКАЗКА:  Чтобы эта таблица поддерживала изменение, установите REPLICA
IDENTITY, выполнив ALTER TABLE.
```

Обновление не проходит, хоть подписка и приостановлена.

11) Вставьте строку на источнике:

```
postgres@tantor:~$ psql -c "INSERT INTO t (t) VALUES ('c')"
INSERT 0 1
```

12) Проверьте, что на приемнике строка не появилась:

```
postgres@tantor:~$ psql -p 5433 -c "select * from t"
 id | t
----+---
  1 | a
  2 | b
(2 строки)
```

13) **Включите** подписку:

```
postgres@tantor:~$ psql -p 5433 -c "ALTER SUBSCRIPTION sub1 ENABLE"
ALTER SUBSCRIPTION
```

14) Проверьте, что на приемнике строка появилась:

```
psql  -p 5433 -c "select * from t"
 id | t
----+---
  1 | a
  2 | b
  4 | c
(3 строки)
```

После приостановки подписки (перевод в статус `DISABLE`) применение изменений приостановилось. После включения (перевод в статус `ENABLE`) - накопленные изменения были применены.

15) Добавьте первичный ключ:

```
postgres@tantor:~$ psql -c "ALTER TABLE t ADD CONSTRAINT t_key PRIMARY KEY (id)"
ALTER TABLE
```

Но его наличия не достаточно. Нужно указать, чтобы он использовался как `REPLICA IDENTITY`, так как до этого мы устанавливали **`REPLICA IDENTITY NOTHING`**.

16) Включите использование первичного ключа в качестве идентификатора репликации, то есть установите значение по умолчанию:

```
postgres@tantor:~$ psql -c "ALTER TABLE t REPLICA IDENTITY DEFAULT"
ALTER TABLE
```

17) Теперь обновление строки не выдаёт ошибки и репликация проходит:

```
postgres@tantor:~$ psql -c "update t set t='d' where id=4"
UPDATE 1

postgres@tantor:~$ psql -p 5433 -c "select * from t"
 id | t
----+---
  1 | a
  2 | b
  4 | d
(3 строки)
```

Часть 3. Добавление таблицы в публикацию (необязательна)

Эта часть практики необязательна.

1) Создайте еще одну таблицу для репликации:

```
psql -c "CREATE TABLE t1 AS SELECT * FROM t"
SELECT 3

psql -c "ALTER TABLE t1 ADD CONSTRAINT t1_key PRIMARY KEY (id)"
ALTER TABLE

psql -c "\d t1"
                       Таблица "public.t1"
 Столбец |  Тип   | Правило сортировки | Допустимость NULL | По умолчанию
---------+--------+--------------------+-------------------+--------------
 id      | bigint |                    | not null          |
 t       | text   |
Индексы:
    "t1_key" PRIMARY KEY, btree (id)
```

В отличие от таблицы `t`, автоинкрементального столбца и последовательности нет.

В базе данных подписки таблица не создана, ее нужно будет создавать вручную.

2) Посмотрите список публикаций командой `psql`:

```
psql -c "\dRp"
                                       Список публикаций
Имя|Владелец|Все таблицы|Добавления|Изменения|Удаления|Опустошения|Через корень
---+--------+-----------+----------+---------+--------+-----------+------------
t  |postgres|f          |t         |t        |t       |t          |f
(1 строка)
```

Реплицируются `insert, update, delete, truncate`.

3) Добавьте в публикацию новую таблицу:

```
psql -c "ALTER PUBLICATION t ADD TABLE t1"
ALTER PUBLICATION
```

Ошибок в логе кластеров не будет, так как мы не выполняли функцию `pg_log_standby_snapshot()`". Они появятся после команды вставки строки в следующем пункте.

4) Вставьте строку в таблицу `t1`:

```
psql -c "INSERT INTO t1 VALUES (5, 'e')"
INSERT 0 1
```

В логе подписчика `replica1`:

```
ОШИБКА:  целевое отношение логической репликации "public.t1" не существует
КОНТЕКСТ:  processing remote data for replication origin "pg_43450" during
message type "INSERT" in transaction 17768, finished at 9/BC3D92F0
СООБЩЕНИЕ:  фоновый процесс "logical replication worker" (PID 17622) завершился
с кодом выхода 1
СООБЩЕНИЕ:  запускается применяющий процесс логической репликации для подписки
"sub1"
```

Ошибка о том, что `logical replication worker` не смог реплицировать вставку строки по причине **отсутствия таблицы `t1` на подписчике**.

В логе физической реплики replica2:

```
СООБЩЕНИЕ:  9/BC3CD550 has been already streamed, forwarding to 9/BC3D9240
ОПЕРАТОР:  START_REPLICATION SLOT "sub1" LOGICAL 9/BC3CD550 (proto_version '4', origin 'none', publication_names '"t"')
СООБЩЕНИЕ:  начинается логическое декодирование для слота "sub1"
ПОДРОБНОСТИ:  Передача транзакций, фиксируемых после 9/BC3D9240, чтение WAL с 9/BC3D9088.
ОПЕРАТОР:  START_REPLICATION SLOT "sub1" LOGICAL 9/BC3CD550 (proto_version '4', origin 'none', publication_names '"t"')
СООБЩЕНИЕ:  процесс логического декодирования достиг точки согласованности в 9/BC3D9088
ПОДРОБНОСТИ:  Больше активных транзакций нет.
```

5) Создайте структуру таблицы в базе-приемнике:

```
pg_dump -t t1 --schema-only --clean --if-exists | psql -p 5433
```

Периодические ошибки в лог кластеров перестали выводиться, но строк в таблице подписки пока не будет:

```
psql -p 5433 -c "select * from t1"
 id | t
----+---
(0 строк)
```

6) Вставьте строку на источнике:

```
psql -c "INSERT INTO t1 VALUES (6, 'f')"
INSERT 0 1
```

7) Проверьте, что строка на подписчике не появится:

```
psql -p 5433 -c "select * from t1"
 id | t
----+---
(0 строк)
```

8) На подписчике строки не появятся, пока подписка не обновится. При этом, по другим таблицам в подписке репликация будет идти:

```
psql -c "INSERT INTO t (t) VALUES ('e')"
psql -p 5433 -c "select * from t"
 id | t
----+---
  1 | a
  3 | b
  4 | d
  5 | e
(4 строки)
```

7) Обновите на подписчике подписку:

```
psql  -p 5433 -c "ALTER SUBSCRIPTION sub1 REFRESH PUBLICATION"
ALTER SUBSCRIPTION

psql  -p 5433 -c "select * from t1"
 id | t
----+---
(0 строк)
```

Строки пока не появились.

Через какое время появятся строки, то есть выполнится начальная синхронизация и применятся изменения?

Подписчик работает через физическую реплику. Если бы подписчик подсоединился к мастеру напрямую, то задержки бы не было.

Либо после контрольной точки на мастере, либо после вызова на источнике функции **pg_log_standby_snapshot()**.

8) Вызовите эту функцию на источнике:

```
psql -c "select pg_log_standby_snapshot()"
 pg_log_standby_snapshot
-------------------------
 9/BC3D9938
(1 строка)
```

9) Проверьте, что строки на подписчике появились:

```
psql  -p 5433 -c "select * from t1"
 id | t
----+---
  1 | a
  2 | b
  4 | d
  5 | e
  6 | f
(5 строк)
```

В логе подписчика:

```
13:21:11.024 MSK [29400] СООБЩЕНИЕ:  процесс синхронизации таблицы при
логической репликации для подписки "sub1", таблицы "t1" запущен
13:22:14.121 MSK [29400] СООБЩЕНИЕ:  процесс синхронизации таблицы при
логической репликации для подписки "sub1", таблицы "t1" закончил обработку
```

В логе физической реплики:

```
13:22:14.101 MSK [29401] СООБЩЕНИЕ:  процесс логического декодирования достиг точки согласованности в
9/BC3D98F0
13:22:14.101 MSK [29401] ПОДРОБНОСТИ:  Больше активных транзакций нет.
13:22:14.101 MSK [29401] ОПЕРАТОР:  CREATE_REPLICATION_SLOT "pg_43450_sync_43451_7353194261070147214"
LOGICAL pgoutput (SNAPSHOT 'use')
13:22:14.118 MSK [29401] СООБЩЕНИЕ:  начинается логическое декодирование для слота
"pg_43450_sync_43451_7353194261070147214"
13:22:14.118 MSK [29401] ПОДРОБНОСТИ:  Передача транзакций, фиксируемых после 9/BC3D9938, чтение WAL с
9/BC3D98F0.
13:22:14.118 MSK [29401] ОПЕРАТОР:  START_REPLICATION SLOT "pg_43450_sync_43451_7353194261070147214" LOGICAL
9/BC3D9938 (proto_version '4', origin 'none', publication_names '"t"')
```

table synchronization worker синхронизировал (передал строки) таблицу на приемнике с таблицей на источнике.

Важным является то, что при добавлении таблицы в публикацию начинается захват изменений, и после обновления подписки будет по умолчанию "бесшовно" (не блокируя доступ к таблице на источнике) выполнена синхронизация строк таблиц.

10) Очистите строки в таблице `t1` на источнике:

```
psql -c "TRUNCATE t1"
TRUNCATE TABLE
```

Часть 4. Двунаправленная репликация (необязательна)

Эта часть практики необязательна.

1) Создайте публикацию для таблиц `t`, `t1`:

```
psql -p 5433 -c "CREATE PUBLICATION t for TABLE t, t1;"
```

2) Создайте подписку. Имя подписки определяет по умолчанию имя логического слота репликации и должно быть уникальным во всей конфигурации. Используйте имя `sub2`.

Нельзя чтобы слот копировал данные, так как таблицы синхронизированы, поэтому нужно установить **copy_data=off**.

Нельзя допускать зацикливания, поэтому **origin=none**:

```
psql -p 5432 -c "CREATE SUBSCRIPTION sub2 CONNECTION 'dbname=postgres port=5433
user=postgres' PUBLICATION t WITH (origin=none, copy_data=off)"
ЗАМЕЧАНИЕ:  на сервере публикации создан слот репликации "sub2"
CREATE SUBSCRIPTION
```

В логе на 5432:

```
13:37:12.419 MSK [3882] СООБЩЕНИЕ:  запускается применяющий процесс логической
репликации для подписки "sub2"
```

В логе на 5433:

```
13:37:12.410 MSK [3881] СООБЩЕНИЕ:  процесс логического декодирования достиг
точки согласованности в 9/BC3E3E88
13:37:12.410 MSK [3881] ПОДРОБНОСТИ:  Больше активных транзакций нет.
13:37:12.410 MSK [3881] ОПЕРАТОР:  CREATE_REPLICATION_SLOT "sub2" LOGICAL
pgoutput (SNAPSHOT 'nothing')
13:37:12.424 MSK [3883] СООБЩЕНИЕ:  начинается логическое декодирование для
слота "sub2"
13:37:12.424 MSK [3883] ПОДРОБНОСТИ:  Передача транзакций, фиксируемых после
9/BC3E3ED0, чтение WAL с 9/BC3E3E88.
13:37:12.424 MSK [3883] ОПЕРАТОР:  START_REPLICATION SLOT "sub2" LOGICAL 0/0
(proto_version '4', origin 'none', publication_names '"t"')
13:37:12.424 MSK [3883] СООБЩЕНИЕ:  процесс логического декодирования достиг
точки согласованности в 9/BC3E3E88
13:37:12.424 MSK [3883] ПОДРОБНОСТИ:  Больше активных транзакций нет.
13:37:12.424 MSK [3883] ОПЕРАТОР:  START_REPLICATION SLOT "sub2" LOGICAL 0/0
(proto_version '4', origin 'none', publication_names '"t"')
```

Команда создания не подвиснет, так как источник и подписчик находятся в разных кластерах и подписка подсоединяется к мастеру, а не к физической реплике.

Подвисание произойдет, если базы данных источника и подписчика находятся в одном кластере.

Для продолжения работы команды нужно было бы вызывать на источнике (5433) функцию **pg_log_standby_snapshot().**

4) Проверьте, что репликация идёт в только что созданном направлении:

```
psql -p 5433 -c "INSERT INTO t (t) VALUES ('f')"

ОШИБКА:  повторяющееся значение ключа нарушает ограничение уникальности
"t_pkey"
ПОДРОБНОСТИ:  Ключ "(id)=(1)" уже существует.
```

Возникла ошибка. Причина - использование последовательности для генерации значений в столбце первичного ключа. Состояния последовательностей не реплицируются, и на 5433 последовательность сгенерировала значение 1.

4) Посмотрите, какие значения выдают две последовательности в двух базах данных:

```
psql -p 5433 -c "select nextval('t_id_seq')"
 nextval
---------
       2
(1 row)

psql -p 5432 -c "select nextval('t_id_seq')"
 nextval
---------
       6
(1 row)
```

5) Проверьте, какое максимальное значение есть в столбце реплицируемой таблицы:

```
psql -p 5433 -c "select max(id) from t"
 max
-----
   5
(1 строка)
```

6) Для устранения проблемы установим, чтобы последовательность на одной базе выдавала четные числа, на другой - нечётные. В случае использования трёх баз данных, связанных репликацией, было бы три последовательности и тогда бы использовали на каждой из них `INCREMENT BY 3` и отличающиеся на единицу `RESTART WITH`.

Переустановите значения последовательностей, чтобы они генерировали четные и нечетные числа:

```
psql -p 5432 -c "ALTER SEQUENCE t_id_seq INCREMENT BY 2 RESTART WITH 8"
psql -p 5433 -c "ALTER SEQUENCE t_id_seq INCREMENT BY 2 RESTART WITH 9"
```

Последовательности будут генерировать числа: `8,10,12...` и `9,11,13...`

7) Проверьте, что вставка работает:

```
psql -p 5433 -c "INSERT INTO t (t) VALUES ('g')"
psql -p 5432 -c "INSERT INTO t (t) VALUES ('h')"
```

8) Проверьте, что вставленные строки реплицировались:

```
postgres@tantor:~$ psql -p 5433 -c "select * from t"
 id | t
----+---
  1 | a
  2 | b
  4 | d
  5 | e
  9 | g
  8 | h
(6 строк)

postgres@tantor:~$ psql -p 5432 -c "select * from t"
 id | t
----+---
  1 | a
```

```
  2 | b
  4 | d
  5 | e
  9 | g
  8 | h
(6 строк)
```

9) Проверьте, что обновления тоже работают и реплицируются:

```
psql -p 5432 -c "update t set t='HH' where id =8"
psql -p 5433 -c "update t set t='GG' where id =9"
psql -p 5432 -c "select * from t"
psql -p 5433 -c "select * from t"
```

```
postgres@tantor:~$ psql -p 5432 -c "select * from t"
 id | t
----+----
  1 | a
  2 | b
  4 | d
  5 | e
  8 | HH
  9 | GG
(6 строк)

postgres@tantor:~$ psql -p 5433 -c "select * from t"
 id | t
----+----
  1 | a
  2 | b
  4 | d
  5 | e
  8 | HH
  9 | GG
(6 строк)
```

Мы настроили двунаправленную репликацию. В одном направлении используется физическая реплика. Физические реплики могут использоваться в обоих направлениях.

Часть 5. Удаление подписок и публикаций

1) Удалите подписки, публикации, таблицы:

```
postgres@tantor:~$ psql -p 5432 -c "drop subscription sub2"
psql -p 5433 -c "drop publication t"
psql -p 5433 -c "drop subscription sub1"
psql -p 5432 -c "drop publication t"
psql -p 5432 -c "checkpoint"
psql -p 5432 -c "drop table t"
psql -p 5432 -c "drop table t1"
psql -p 5433 -c "drop table t"
psql -p 5433 -c "drop table t1"
```

Примечание 1:

Если удалить слот репликации до удаления подписки, например, выдав команду:

```
psql -p 5434 -c "select pg_drop_replication_slot('sub1')"
```

то при попытке удаления подписки выдастся ошибка и подписка не будет удалена:

```
psql -p 5433 -c "drop subscription sub1"
ОШИБКА:  слот репликации "sub1" на сервере публикации не был удалён:
ОШИБКА:  слот репликации "sub1" не существует
```

В этом случае для удаления слота используется последовательность команд:

```
psql -p 5433 -c "alter subscription sub1 disable"
psql -p 5433 -c "alter subscription sub1 set (slot_name=none)"
psql -p 5433 -c "drop subscription sub1"
```

Примечание 2:

В процессе добавления таблиц в публикацию на физической реплике или изменения свойств подписок возможно возникновение ошибки вида:

```
СООБЩЕНИЕ:  запускается применяющий процесс логической репликации для подписки "sub1"
ОШИБКА:  не удалось начать трансляцию WAL: ОШИБКА:  из слота репликации "sub1" больше нельзя получать изменения
        ПОДРОБНОСТИ:  Этот слот был аннулирован из-за конфликта с восстановлением.
СООБЩЕНИЕ:  фоновый процесс "logical replication worker" (PID 31049) завершился с кодом выхода 1
```

На английском языке:

```
DETAIL: This slot has been invalidated because it was conflicting with recovery.
```

Ошибка возникает в случае:

1) `hot_standby_feedback = off` на том кластере, где создан слот логической репликации

2) `hot_standby_feedback = on`, но при этом отсутствует физический слот репликации на мастере для физической реплики, на которой создан слот логической репликации.

Причина: автовакуум на мастере удаляет старые версии строк из таблиц системного каталога, которые нужны для логического декодирования на том кластере, где создан слот логической репликации.

Описание:

https://git.postgresql.org/gitweb/?p=postgresql.git;a=commit;h=6af1793954e8c5e753af83c3edb37ed3267dd179

Глава 10. Возможности Tantor Postgres

Эта практика необязательна. Можно выбирать и выполнять те части практики, которые интересны.

Расширение orafce

1) Посмотрите, какие расширения установлены в базе:

```
postgres=# \dx
                        List of installed extensions
        Name         | Version |   Schema   |           Description
---------------------+---------+------------+-------------------------------
hypopg               | 1.4.1   | public     | Hypothetical indexes for PostgreSQL
pg_columnar          | 11.1-12 | public     | Hydra Columnar extension
pg_stat_statements   | 1.11    | public     | track planning and execution
pg_store_plans       | 1.8.1   | public     | track plan statistics of all SQL
plpgsql              | 1.0     | pg_catalog | PL/pgSQL procedural language
plpython3u           | 1.0     | pg_catalog | PL/Python3U untrusted procedural
(6 rows)
```

Список в вашей базе может отличаться от приведенного.

2) Проверьте, доступно ли для установки расширение `orafce`:

```
postgres=# select * from pg_available_extensions where name ilike '%ora%';
  name  | default_version | installed_version |          comment
--------+-----------------+-------------------+------------------------------
 orafce | 4.16            | 4.16              | Functions and operators that
emulate a subset of functions and packages from the Oracle RDBMS
(1 строка)
```

3) Какие схемы есть в базе? Получите список схем:

```
postgres=# \dn
        Список схем
  Имя   |      Владелец
--------+-------------------
 public | pg_database_owner
(1 строка)
```

4) Установите в базу расширение `orafce`:

```
postgres=# CREATE EXTENSION orafce;
CREATE EXTENSION
```

5) Получите список схем:

```
postgres=# \dn
           Список схем
     Имя      |      Владелец
--------------+-------------------
 dbms_alert   | postgres
 dbms_assert  | postgres
 dbms_output  | postgres
 dbms_pipe    | postgres
 dbms_random  | postgres
 dbms_sql     | postgres
 dbms_utility | postgres
 oracle       | postgres
 plunit       | postgres
 plvchr       | postgres
 plvdate      | postgres
```

```
 plvlex         | postgres
 plvstr         | postgres
 plvsubst       | postgres
 public         | pg_database_owner
 utl_file       | postgres
(16 строк)
```

Расширение создало 15 схем.

В Oracle Database есть объекты - пакеты процедур. В PostgreSQL пакетов нет. Пакеты используются для объединения подпрограмм. Близкий аналог пакетов - схемы. В отличие от пакетов в схемах могут находиться объекты любого типа, а не только подпрограммы.

В Oracle Database пакеты поставляемые стандартно имеют префикс "dbms_"

6) Часть объектов, которые в Oracle Database вызываются без префикса имени пакета, создаются расширением в схеме oracle. Вставьте имя этой схемы в путь поиска:

```
postgres=# set search_path TO "$user", public, oracle;
SET
```

7) Обратитесь к таблице dual, используемой приложениями, работающими с Oracle Database для вызова однострочных функций. В Oracle Database обязательно использование фразы FROM в команде SELECT, в PostgreSQL - необязательно. Приложения в Oracle Database обычно используют команду "SELECT функция() FROM DUAL;".

Выполните команду:

```
postgres=# SELECT sysdate() FROM dual;
```

Можно заметить, что круглые скобки обязательны. В Oracle Database функция SYSDATE используется без круглых скобок. В PostgreSQL функции без аргументов не могут вызываться без круглых скобок, за исключением тех, которые по стандарту SQL вызываются без круглых скобок. Например: current_date, current_timestamp, current_catalog, current_role, current_user, session_user, user, current_schema. Причем, из этих функций только current_schema может вызываться с круглыми скобками.

8) Расширение создаёт используемый в Oracle Database тип данных VARCHAR2:

```
postgres=# select 'hello'::varchar2;
 varchar2
----------
 hello
(1 строка)
```

9) Расширение создаёт функции, которые используются в Oracle Database для отладочного вывода в составе пакета процедур dbms_output:

```
postgres=# SELECT dbms_output.serveroutput(true);
 serveroutput
--------------

(1 строка)
```

Аналог команды в Oracle Database "SET SERVEROUTPUT ON":

```
postgres=# SELECT dbms_output.put('aa');
 put
-----
```

```
(1 строка)

postgres=# SELECT dbms_output.put('bb');
 put
-----

(1 строка)

postgres=# SELECT * FROM dbms_output.get_lines(1);
 lines   | numlines
---------+----------
 {aabb} |        1
(1 строка)
postgres=# SELECT dbms_output.put('aa');
 put
-----

(1 строка)

postgres=# SELECT dbms_output.put('bb');
 put
-----

(1 строка)

postgres=# SELECT * FROM dbms_output.get_line();
 line | status
------+--------
 aabb |      0
(1 строка)
```

Результат `get_line()` и `get_lines(1)` одинаков.

Результат `enable()` и `serveroutput(true)` одинаков.

10) Верните значение параметра пути поиска к значению по умолчанию:

```
postgres=# reset search_path;
RESET
```

Расширение pg_variables

1) Расширение позволяет использовать переменные для хранения значений на уровне сессии. Расширение обеспечивает функционал, аналогичный переменным пакетов процедур в Oracle Database. Функционал также схож с атрибутами "application contexts" в Oracle Database.

Создание переменных

Преимущество использования переменных: быстрота доступа. Переменные могут использоваться как более производительная и простая альтернатива временным таблицам. Установите расширение:

```
postgres=# CREATE EXTENSION pg_variables;
CREATE EXTENSION
```

2) Установите значение 101 для переменной ("атрибуту") int1 в "пакете" ("контексте", группе переменных) с названием vars. Термин "пакет" используется в расширении для обозначения групп переменных.

```
postgres=# SELECT pgv_set('vars', 'int1', 101);
 pgv_set
---------

(1 строка)
```

3) Установите текстовую переменную в том же пакете:

```
postgres=# SELECT pgv_set('vars', 'text1', 'text variable'::text, true);
 pgv_set
---------

(1 строка)
```

4) Для получения значений используется функция `pgv_get`. Первый и второй параметры понятны: имя пакета и переменной. Третий аргумент - тип переменной. Выполните команду и посмотрите результат:

```
postgres=# SELECT pgv_get('vars', 'int1');
ERROR:  function pgv_get(unknown, unknown) does not exist
```

Ошибка означает, что значения по умолчанию у третьего параметра функции нет.

5) Пустое значение не передаётся:

```
postgres=# SELECT pgv_get('vars', 'int1', null);
ERROR:  function pgv_get(unknown, unknown, unknown) is not unique
```

6) Пакет знает тип переменной и сообщает его:

```
postgres=# SELECT pgv_get('vars', 'int1', null::numeric);
ERROR:  variable "int1" requires "integer" value
```

7) Передаём значение этого типа - функция возвращает значение:

```
postgres=# SELECT pgv_get('vars', 'int1', 0);
 pgv_get
---------
```

```
     101
(1 строка)
```

8) Можно использовать и пустое значение `NULL::int` заданного типа:

```
postgres=# SELECT pgv_get('vars', 'int1', NULL::int);
 pgv_get
---------
     101
(1 строка)
```

9) Создать две переменные с одинаковым названием, но разных типов - нельзя:

```
postgres=# SELECT pgv_set('vars', 'int1', null::text);
ERROR:  variable "int1" requires "integer" value
```

10) Получение значения текстовой переменной:

```
postgres=# SELECT pgv_get('vars', 'text1', NULL::text);
    pgv_get
---------------
 text variable
(1 строка)
```

11) Список переменных:

```
postgres=# SELECT * FROM pgv_list() order by package, name;

 package | name  | is_transactional
---------+-------+------------------
 vars    | int1  | f
 vars    | text1 | f
(2 строки)
```

По умолчанию `is_transactional=false` и на а работу с переменными не влияет, открыта транзакция или нет. Если `is_transactional=true`, то при откате транзакции, в том числе до точек сохранения, действия с переменными будут откатываться.

12) Транзакционность переменной задаётся четвертым параметром функции `pgv_set` в момент создания переменной. Переопределить его после создания нельзя:

```
postgres=# SELECT pgv_set('vars', 'text1', 'text variable'::text, true);
ERROR:  variable "text1" already created as NOT TRANSACTIONAL
```

13) Можно удалить переменную и создать с тем же именем заново:

```
postgres=# SELECT pgv_remove('vars', 'text1');
 pgv_remove
------------

(1 строка)

postgres=# SELECT pgv_set('vars', 'text1', 'text variable'::text, true);
 pgv_set
---------

(1 строка)

postgres=# SELECT * FROM pgv_list() order by package, name;
 package | name  | is_transactional
---------+-------+------------------
 vars    | int1  | f
 vars    | text1 | t
```

```
(2 строки)
```

14) Использование транзакционных переменных не приводит к накрутке счетчика транзакций. Проверим это. Текущий номер транзакции в кластере:

```
postgres=# SELECT pg_current_xact_id();
 pg_current_xact_id
--------------------
                871
(1 строка)
```

15) Откроем транзакцию, создадим транзакционную переменную и зафиксируем транзакцию:

```
postgres=# begin transaction;
BEGIN
postgres=*# SELECT pgv_set('vars', 'text2', 'text variable'::text, true);
 pgv_set
---------

(1 строка)

postgres=*# SELECT pg_current_xact_id_if_assigned();
 pg_current_xact_id_if_assigned
--------------------------------

(1 строка)
```

Номер транзакции не назначен, используется виртуальный номер.

16) После фиксации транзакции функция получения номера транзакции выдаёт следующий номер:

```
postgres=*# commit;
COMMIT
postgres=# SELECT pg_current_xact_id();
 pg_current_xact_id
--------------------
                872
(1 строка)

postgres=# SELECT pg_current_xact_id();
 pg_current_xact_id
--------------------
                873
(1 строка)
```

Это значит, что транзакция, в которой была создана транзакционная переменная, не использовала реальный номер транзакции.

Получение реального номера транзакции вносило бы задержку. Работа с транзакционными переменными так же эффективна, как с нетранзакционными.

17) Используемая память по пакетам:

```
postgres=# SELECT * FROM pgv_stats() order by package;
 package | allocated_memory
---------+------------------
 vars    |            16384
(1 строка)
```

18) Удаление переменной с названием `int1`:

```
postgres=# SELECT pgv_remove('vars', 'int1');
 pgv_remove
------------

(1 строка)
```

19) Удаление пакета с переменными этого пакета:

```
postgres=# SELECT pgv_remove('vars');
 pgv_remove
------------

(1 строка)
```

20) Удаление всех пакетов и всех переменных:

```
postgres=# SELECT pgv_free();
 pgv_free
----------

(1 строка)
```

В любом случае, срок жизни переменных - до окончания сессии.

Расширение page_repair

Часть 1. Подготовка реплики

Расширение `page_repair` включает в себя разделяемую библиотеку и две функции. Функции позволяют скопировать через сетевое соединение с физической реплики один блок на один вызов процедуры.

Для использования расширения нужна физическая реплика. Если она есть, то можно пропустить пункты её создания. Создание физической реплики рассматривалось в практике 8а.

Остановка кластера, если он был создан и не пригоден к использованию как физическая реплика (стал мастером, не может накладывать журнальные данные из-за отсутствия файлов журналов):

```
postgres@tantor:~$ pg_ctl stop -D /var/lib/postgresql/tantor-se-18-replica/data1
rm -rf /var/lib/postgresql/tantor-se-18-replica/data1
pg_ctl stop -D /var/lib/postgresql/tantor-se-18-replica/data2
rm -rf /var/lib/postgresql/tantor-se-18-replica/data2
psql -c "select pg_drop_replication_slot('replica1')"
psql -c "select pg_drop_replication_slot('replica2')"
psql -c "select slot_name, active from pg_replication_slots"
Pager usage is off.
 slot_name | active
-----------+--------
(0 rows)
```

Создание реплики:

```
postgres@tantor:~$ rm
/var/lib/postgresql/tantor-se-18/data/global/pg_store_plans.stat
pg_basebackup -D /var/lib/postgresql/tantor-se-18-replica/data1 -P -R -C
--slot=replica1 --checkpoint=fast
```

Если резервирование прервать, то нужно будет удалить директорию: `rm -rf /var/lib/postgresql/tantor-se-18-replica/data1`

и слот на мастере: `psql -c "select pg_drop_replication_slot('replica1')"`

```
postgres@tantor:~$ echo "port=5433" >>
/var/lib/postgresql/tantor-se-18-replica/data1/postgresql.auto.conf
```

Запуск реплики:

```
postgres@tantor:~$ pg_ctl start -D /var/lib/postgresql/tantor-se-18-replica/data1
-l log_replica1.log
```

Проверка, что репликация работает:

```
postgres@tantor:~$ psql -c "select * from pg_replication_slots" -x
```

В столбце `active` должно быть значение `"t"`.

Часть 2. Подготовка таблицы

1) Создайте таблицу и заполните её данными:

```
postgres@tantor:~$ psql

postgres=# drop table if exists t;
CREATE TABLE t (id bigserial primary key, t text);
INSERT INTO t(t) SELECT encode((floor(random()*1000)::numeric ^
100::numeric)::text::bytea, 'base64') from generate_series(1,1000);
update t set t = t || 'a';
vacuum analyze t;
NOTICE: table "t" does not exist, skipping
DROP TABLE
CREATE TABLE
INSERT 0 1000
UPDATE 1000
```

Была вставлена тысяча строк и обновлена тысяча строк. В страницах имеются актуальные и неактуальные версии строк, пока не отработает автовакуум.

2) Размер файла таблицы:

```
postgres=# select pg_relation_size('t');
 pg_relation_size
------------------
           802816
(1 строка)
```

3) Относительный путь к файлу со строками:

```
postgres=# select pg_relation_filepath('t'::regclass);
 pg_relation_filepath
----------------------
 base/5/16622
(1 строка)
```

4) Префикс для получения абсолютного пути из относительного (он же PGDATA):

```
postgres=# \dconfig data_directory
             Список параметров конфигурации
    Параметр    |              Значение
----------------+--------------
 data_directory | /var/lib/postgresql/tantor-se-18/data
(1 строка)
```

5) **Номер блока,** в котором расположена строка с id=900:

```
postgres=# select ctid, id from t where id=900;

  ctid   | id
---------+-----
 (92,20) | 900
(1 строка)
```

6) Остановите экземпляр:

```
postgres@tantor:~$ pg_ctl stop

ожидание завершения работы сервера.... готово
сервер остановлен
```

7) Вставьте мусор в блок, в котором содержится строка с id=900:

```
postgres@tantor:~$ dd if=/dev/urandom conv=notrunc bs=8192 seek=92 count=1
of=/var/lib/postgresql/tantor-se-18/data/base/5/16622

1+0 записей получено
1+0 записей отправлено
8192 байт (8.2 kB, 8.0 KiB) скопирован, 0.000300021 s, 27.3 MB/s
```

8) Запустите кластер:

```
postgres@tantor:~$ pg_ctl start
```

Если экземпляр не запускается и входит в бесконечный цикл запуска, то остановите его:

```
kill -QUIT $(head -n 1 $PGDATA/postmaster.pid)
```

и закомментируйте в postgresql.auto.conf параметр shared_preload_libraries.

9) Выполните команды, которые требуют обращения к поврежденной странице:

```
postgres=# select ctid, id from t where id=900;
ERROR:  invalid page in block 92 of relation base/5/16622
postgres=# select count(*) from t;
ERROR:  invalid page in block 92 of relation base/5/16622
postgres=# analyze verbose t;
INFO:  analyzing "public.t"
ERROR:  invalid page in block 92 of relation base/5/16622
```

Экземпляр при обращениях к сбойному блоку может перезапускаться. Если повреждение не вызовет перезапуска, то команды выдают следующие ошибки.

10) Заморозка не может быть выполнена:

```
postgres=# select pg_current_xact_id();
 pg_current_xact_id
--------------------
                797
(1 строка)

postgres=# vacuum freeze t;
ERROR:  invalid page in block 92 of relation base/5/16622
КОНТЕКСТ:  while scanning block 92 of relation "public.t"

postgres=# select relfrozenxid from pg_class where relname='t';
 relfrozenxid
--------------
          795
(1 строка)
```

11) Команды с **полным сканированием** таблицы, дойдя до сбойного блока, также прервут работу:

```
postgres=# explain update t set t = t || 'b' where id > 100;
                         QUERY PLAN
-----------------------------------
 Update on t  (cost=0.00..112.75 rows=0 width=0)
   ->  Seq Scan on t  (cost=0.00..112.75 rows=900 width=38)
         Filter: (id > 100)
(3 строки)

postgres=# explain (analyze) update t set t = t || 'b' where id > 100;
ERROR:  invalid page in block 54 of relation base/5/16622
```

12) Команды с индексным доступом, не считывающие сбойный блок, могут выполняться:

```
postgres=# update t set t = t || 'b' where id<500;
UPDATE 499
```

13) Вакуумирование, если обратится к поврежденному блоку (определяется по карте видимости), не может выполняться. Старые версии строк не будут очищаться, файлы таблиц будут увеличиваться в размерах.

```
postgres=# vacuum verbose t;
INFO:  vacuuming "postgres.public.t"
ERROR:  invalid page in block 92 of relation base/5/16622
КОНТЕКСТ:  while scanning block 92 of relation "public.t"
```

Часть 3. Восстановление страницы с помощью page_repair

1) Установите расширение в базу данных с таблицей, в которой есть повреждённая страница:

```
postgres=# CREATE EXTENSION page_repair;
CREATE EXTENSION
```

2) Посмотрите определения двух функций, входящих в расширение:

```
postgres=# \df pg_repair_page
                                        Список функций
 Схема  |      Имя       | Тип данных результата |    Типы данных аргументов     |  Тип
--------+----------------+-----------------------+-------------------------------+--
 public | pg_repair_page | boolean               | regclass, bigint, text        | функ.
 public | pg_repair_page | boolean               | regclass, bigint, text, text  | функ.
(2 строки)
```

3) Вызовите функцию для восстановления страницы:

```
postgres=# select pg_repair_page('t'::regclass, 92, 'port=5433');
ERROR:  page on standby is also corrupted
```

Функция сообщает, что по её логике страница на реплике тоже повреждена.

4) Проверьте, повреждена ли страница на реплике:

```
postgres@tantor:~$ psql -p 5433 -c "select ctid, id from t where id=900"
  ctid   | id
---------+-----
 (92,15) | 900
(1 строка)

postgres@tantor:~$ psql -p 5433 -c "select count(*) from t"
 count
-------
  1000
(1 строка)
```

Страницы таблицы на реплике не повреждены. Почему расширение отказывается восстанавливать страницу?

Контрольные суммы включены и на мастере и на реплике.

В установленном в виртуальной машине курса расширении ошибка, которая исправлена в будущих версиях.

Можно запретить приложениям работать с таблицей на мастрере, затем выгрузить таблицу с реплики утилитой pg_dump, удалить её на мастере и восстановить из дампа.

5) Удалите таблицу с повреждённым блоком:

```
postgres=# drop table t;
DROP TABLE
```

Также, использование расширения `page_repair` требует включенного подсчета контрольных сумм на мастере и физической реплике, с которой страница будет копироваться на мастер. Включение подсчета контрольных сумм вставляет контрольную сумму в любые блоки, в том числе повреждённые, а расширение не считает блок повреждённым, если у него верная контрольная сумма.

Часть 4. Обнуление страницы

В отсутствие физических реплик и/или возможности восстановиться с бэкапов, восстановить повреждённый блок нельзя. Оставлять такой блок в таблице тоже нельзя - вакуумирование и заморозка не будут отрабатывать. Есть возможность сделать сбойную страницу пустой. При этом всё содержимое блока считается не существующим.

1) Повторите процедуру повреждения блока:

```
postgres@tantor:~$ pg_ctl stop -D /var/lib/postgresql/tantor-se-18/data
dd if=/dev/urandom conv=notrunc bs=8192 seek=92 count=1
of=/var/lib/postgresql/tantor-se-18/data/base/5/16622
sudo systemctl start tantor-se-server-18
psql -c "select ctid, id from t where id=900"
WARNING:  page verification failed, calculated checksum 9494 but expected 37021
ERROR:  invalid page in block 92 of relation base/5/16622
```

При включённых контрольных суммах к ошибке добавилось предупреждение.

2) Включите на уровне сессии параметр:

```
postgres=# set zero_damaged_pages = on;
SET
```

3) Выполните запрос к таблице:

```
postgres=# select count(*) from t;
 count
-------
  1000
(1 строка)
```

Число строк верное, ошибок нет. Почему?

Потому, что автовакуум успел обработать таблицу, обновил карту видимости, во всех блоках только актуальные версии строк. Поэтому при использовании **сканирования только индекса,** серверному процессу не нужно считывать блоки таблицы для проверки, актуальна ли строка, на которую ссылается индексная запись.

```
postgres=# explain select count(*) from t;
               QUERY PLAN
--------------------------------------
 Aggregate  (cost=49.77..49.78 rows=1 width=8)
   ->  Index Only Scan using t_pkey on t  (cost=0.28..47.27 rows=1000 width=0)
(2 строки)
```

4) Выполните команду:

```
postgres=# select count(*) from t where t is not null;

WARNING:  page verification failed, calculated checksum 9494 but expected 37021
WARNING:  invalid page in block 92 of relation base/5/16622; zeroing out page
 count
-------
   980
(1 строка)
```

Число строк другое - меньше на число строк, которые были в повреждённом блоке (примерно 20 строк). В примере, в повреждённом блоке находилось 20 строк, они считаются исчезнувшими.

Предупреждающие сообщения - это результат установки параметра `zero_damaged_pages = on` и включенного подсчёта контрольных сумм. Если бы контрольные суммы были отключены, то предупреждений бы не было, но результат (980) был бы тот же.

5) Выполните команду:

```
postgres=# vacuum freeze t;
VACUUM
```

Вакуумирование проходит успешно, считая блок пустым.

При этом блок не менялся и не будет меняться в файле. Параметр `zero_damaged_pages = on` не меняет содержимое блока в файле.

"Восстановим" блок заполнив его нулями. Такой блок считается корректным, как будто в нём ноль строк, контрольная сумма пустого блока тоже пустая (нули). Замените число `*6622*` в названии файла на ваше.

```
postgres@tantor:~$ pg_ctl stop -D /var/lib/postgresql/tantor-se-18/data
dd if=/dev/zero conv=notrunc bs=8192 seek=92 count=1
of=/var/lib/postgresql/tantor-se-18/data/base/5/*6622*
sudo systemctl start tantor-se-server-18
psql -c "select ctid, id from t where id=900"
 ctid | id
------+----
(0 строк)
```

Содержимое сбойного блока заполнено нулями. Контрольная сумма правильная - тоже нули. Теперь блок считается неповреждённым, просто пустым.

6) Выполните команды:

```
postgres@tantor:~$ psql -c "select count(*) from t"
 count
-------
  1000
(1 строка)

postgres@tantor:~$ psql -c "select ctid, id from t where id=901"
 ctid | id
------+----
(0 строк)

postgres@tantor:~$ psql -c "select count(*) from t"
 count
-------
   999
(1 строка)
```

Количество строк меняется в результате выборки.

Серверный процесс использует **индексное сканирование** (не `Index Only Scan`), проверяет содержимое блока и не обнаруживает строку:

```
postgres@tantor:~$ psql -c "explain select ctid, id from t where id=903"
                          QUERY PLAN
--------------------------------------
 Index Scan using t_pkey on t  (cost=0.28..8.29 rows=1 width=14)
   Index Cond: (id = 903)
(2 строки)
```

Не обнаружив строки, серверный процесс выполняет быструю очистку индексной записи. Поэтому после обнуления блока нужно перестроить индексы на таблице. Если версии строк в обнуленном блоке ссылались на TOAST, то в TOAST-таблице появятся осиротевшие строки.

7) Перестройте индексы:

```
postgres=# reindex (verbose) table t;
INFO:  index "t_pkey" was reindexed
ПОДРОБНОСТИ:  CPU: user: 0.00 s, system: 0.00 s, elapsed: 0.00 s
INFO:  index "pg_toast_16622_index" was reindexed
ПОДРОБНОСТИ:  CPU: user: 0.00 s, system: 0.00 s, elapsed: 0.00 s
REINDEX
postgres=# select count(*) from t;
 count
-------
   980
(1 строка)
```

8) Удалите таблицу:

```
postgres=# drop table t;
DROP TABLE
```

Отладка подпрограмм

Часть 1. Установка расширения из исходных кодов на примере pldebugger

Эта часть практики иллюстрирует установку модулей, поставляемых из исходных кодов.

Расширение, пример установки которого рассматривается, может быть полезным для разработчиков при работе с базами данных, на которых ведётся разработка.

Для отладки подпрограмм нужна поддержка со стороны сервера и графическое клиентское приложение (среда разработки), которое будет показывать исходный код подпрограммы, инициировать отладку и получать отладочную информацию. Функционал стандартный для отладчиков: устанавливать точки останова, пошаговое выполнение, наблюдение за переменными и их изменение.

Серверная часть - модуль (библиотека и расширение) создан **EnterpriseDB**, свободно распространяется, размещен по адресу https://github.com/EnterpriseDB/pldebugger

Основное клиентское приложение - pgAdmin. Другие клиентские приложения могут использовать серверную часть.

Пункты 1-9 можно не выполнять, так как расширение уже установлено. Перейдите на пункт 10 этой части практики.

1) Переключитесь в root, так как он владелец программного обеспечения:

```
astra@tantor:~$ su -
Пароль: root
root@tantor:~#
```

2) Пункт можно не выполнять, так как файл расширения в виртуальной машине курса уже скачан и разархивирован. Скачивание расширение `pldebugger`:

```
root@tantor:~#
wget github.com/EnterpriseDB/pldebugger/archive/refs/heads/master.zip
```

3) Пункт можно не выполнять, так как файл расширения в виртуальной машине курса уже скачан и разархивирован. Распаковывание скачанного архива (архив может быть сохранён с именем `master.zip.1`):

```
root@tantor:~# unzip master.zip
```

4) Переход в директорию, в которую были распакованы исходные файлы расширения:

```
root@tantor:~# cd pldebugger-master
```

5) Добавление в путь директории с утилитой `pg_config` и переменную окружения, указывающую утилите make использовать логику установки расширений PGXS:

```
root@tantor:~/pldebugger-master# export PATH=/opt/tantor/db/18/bin:$PATH
export USE_PGXS=1
```

6) В файле README.pldebugger написано как устанавливать расширение. Дайте первую команду:

```
root@tantor:~/pldebugger-master# make
```

Появится предупреждение:

```
plpgsql_debugger.c: In function 'is_datum_visible':
plpgsql_debugger.c:1258:36: warning: declaration of 'i' shadows a previous local
[-Wshadow=compatible-local]
1258 |                           int         i;
     |                                       ^
```

```
plpgsql_debugger.c:1234:43: note: shadowed declaration is here
1234 |                  int                        i;
     |                                             ^
```

показывающее качество написания кода расширения.

7) Следующая команда, описанная в файле `README.pldebugger` - это копирование файлов расширения в стандартные директории программного обеспечения.

Выполните команду:

```
root@tantor:~/pldebugger-master# make install

/usr/bin/mkdir -p '/opt/tantor/db/18/lib/postgresql'
/usr/bin/mkdir -p '/opt/tantor/db/18/share/postgresql/extension'
/usr/bin/mkdir -p '/opt/tantor/db/18/share/postgresql/extension'
/usr/bin/mkdir -p '/opt/tantor/db/18/share/doc/postgresql/extension'
/usr/bin/install -c -m 755  plugin_debugger.so '/opt/tantor/db/18/lib/postgresql/plugin_debugger.so'
/usr/bin/install -c -m 644 .//pldbgapi.control '/opt/tantor/db/18/share/postgresql/extension/'
/usr/bin/install -c -m 644 .//pldbgapi--1.1.sql .//pldbgapi--unpackaged--1.1.sql .//pldbgapi--1.0--1.1.sql
'/
opt/tantor/db/17/share/postgresql/extension/'
/usr/bin/install -c -m 644 .//README-pldebugger.md '/opt/tantor/db/18/share/doc/postgresql/extension/'
/usr/bin/mkdir -p '/opt/tantor/db/18/lib/postgresql/bitcode/plugin_debugger'
/usr/bin/mkdir -p '/opt/tantor/db/18/lib/postgresql/bitcode'/plugin_debugger/
/usr/bin/install -c -m 644 plpgsql_debugger.bc '/opt/tantor/db/18/lib/postgresql/bitcode'/plugin_debugger/./
/usr/bin/install -c -m 644 plugin_debugger.bc '/opt/tantor/db/18/lib/postgresql/bitcode'/plugin_debugger/./
/usr/bin/install -c -m 644 dbgcomm.bc '/opt/tantor/db/18/lib/postgresql/bitcode'/plugin_debugger/./
/usr/bin/install -c -m 644 pldbgapi.bc '/opt/tantor/db/18/lib/postgresql/bitcode'/plugin_debugger/./
cd '/opt/tantor/db/18/lib/postgresql/bitcode' && /usr/lib/llvm-13/bin/llvm-lto -thinlto
-thinlto-action=thinli
nk -o plugin_debugger.index.bc plugin_debugger/plpgsql_debugger.bc plugin_debugger/plugin_debugger.bc
plugin_d
ebugger/dbgcomm.bc plugin_debugger/pldbgapi.bc
```

8) Обновите список файлов для поиска:

```
root@tantor:~/pldebugger-master# updatedb
```

Поищите файл библиотеки:

```
root@tantor:~/pldebugger-master# locate plugin_debugger
/opt/tantor/db/18/lib/postgresql/plugin_debugger.so
bitcode/plugin_debugger
bitcode/plugin_debugger.index.bc
bitcode/plugin_debugger/dbgcomm.bc
bitcode/plugin_debugger/pldbgapi.bc
bitcode/plugin_debugger/plpgsql_debugger.bc
bitcode/plugin_debugger/plugin_debugger.bc
/root/pldebugger-1.5/plugin_debugger.bc
/root/pldebugger-1.5/plugin_debugger.c
/root/pldebugger-1.5/plugin_debugger.def
/root/pldebugger-1.5/plugin_debugger.o
/root/pldebugger-1.5/plugin_debugger.so
```

Этот пункт иллюстрирует один из способов быстрого поиска файлов в операционной системе. Файл библиотеки был установлен в директории:

/opt/tantor/db/18/lib/postgresql/**plugin_debugger.so**

Название файла библиотеки нужно знать, чтобы загрузить библиотеку.

9) Вернитесь в терминал непривилегированного пользователя:

```
root@tantor:~/pldebugger-master# exit
logout
```

10) Проверьте, что расширение доступно для установки в базу:

```
astra@tantor:~$ psql
postgres=# select * from pg_available_extensions where name like '%dbg%';
   name    | default_version | installed_version |                 comment
----------+-----------------+------------------ +-------------------------------------
```

```
pldbgapi | 1.1              |                    | server-side support for debugging PL/pgSQL functions
(1 строка)
```

11) Посмотрите значение параметра:

```
postgres=# \dconfig shared_preload_libraries
                     Список параметров конфигурации
        Параметр         |                    Значение
-------------------------+---------------------------------------
 shared_preload_libraries | pg_stat_statements, pg_qualstats, pg_store_plans,
                            pg_prewarm, pg_stat_kcache
(1 строка)
```

12) Добавьте библиотеку в конец списка:

```
postgres=# alter system set shared_preload_libraries = pg_stat_statements,
pg_qualstats, pg_store_plans, pg_prewarm, pg_stat_kcache, plugin_debugger ;
ALTER SYSTEM
```

Апострофы после знака равенства нельзя использовать, иначе команда добавит кавычки, трактуя строку как название файла, и экземпляр не запустится. Пример команды, которая выполнится, но экземпляр не запустится, пока вручную не будет отредактирован файл `postgresql.auto.conf`, так как команду `ALTER SYSTEM` не выполняется на остановленном экземпляре:

```
alter system set shared_preload_libraries = 'pg_stat_statements,
pg_store_plans, auto_explain, plugin_debugger';
postgres=# \q
postgres@tantor:~$ pg_ctl stop
waiting for server to shut down.... done
server stopped
postgres@tantor:~$ pg_ctl start
waiting for server to start....
ВАЖНО:  нет доступа к файлу "pg_stat_statements, pg_qualstats, pg_store_plans,
pg_prewarm, pg_stat_kcache, plugin_debugger": Нет такого файла или каталога
СООБЩЕНИЕ:  система БД выключена
 stopped waiting
pg_ctl: could not start server
Examine the log output.
```

13) Перезапустите экземпляр:

```
astra@tantor:~$ sudo systemctl restart tantor-se-server-18
```

14) Библиотека отладчика была загружена. Создайте расширение в базе данных postgres:

```
astra@tantor:~$ psql
postgres=# create extension pldbgapi;
CREATE EXTENSION
```

15) Создайте функцию для тестирования отладчика:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION bobdef()
 RETURNS text
 LANGUAGE plpgsql
 SECURITY DEFINER
AS $function$
 BEGIN
  RAISE NOTICE 'search_path %', current_schemas(true);
  RAISE NOTICE 'current_user %', current_user;
  RAISE NOTICE 'session_user %', session_user;
  RAISE NOTICE 'user %', user;
  RETURN now();
 END;
$function$
;
```

Часть 2. Отладка функции в pgAdmin

1) Запустите pgAdmin.

При запросе пароля нажмите кнопку Cancel.

2) Раскройте Servers → master → Schemas (1) → public → Functions (..)

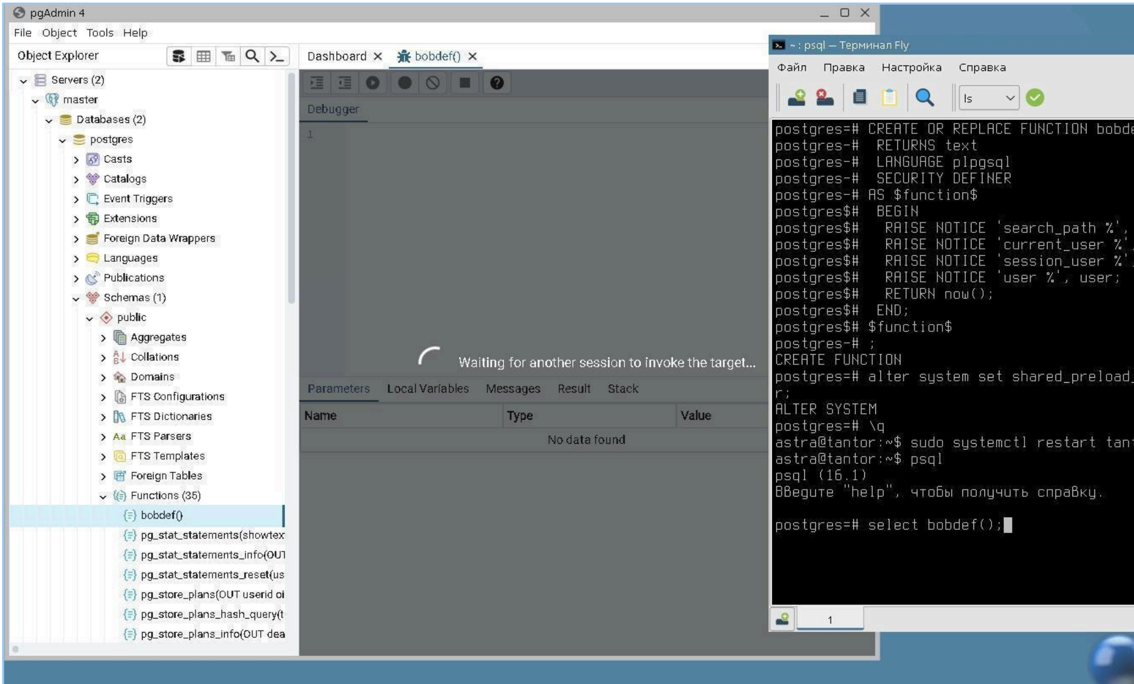
Если соединений с базой нет, создайте его и назовите master.

3) Для отладки выполнения подпрограммы в чужой сессии, выберите функцию `bobdef()`. Нажмите правую кнопку мыши и выберите Debugging → Set Breakpoint

4) Если выдаст ошибку "column x.maclabel does not exist LINE 3: x.maclabel, ^". Установленная версия PgAdmin неработоспособна. Следующие пункты не выполняйте, они для примера. Если pgAdmin работоспособен, то появится сообщение "Waiting for another session to invoke target".

В `psql` вызовите функцию:

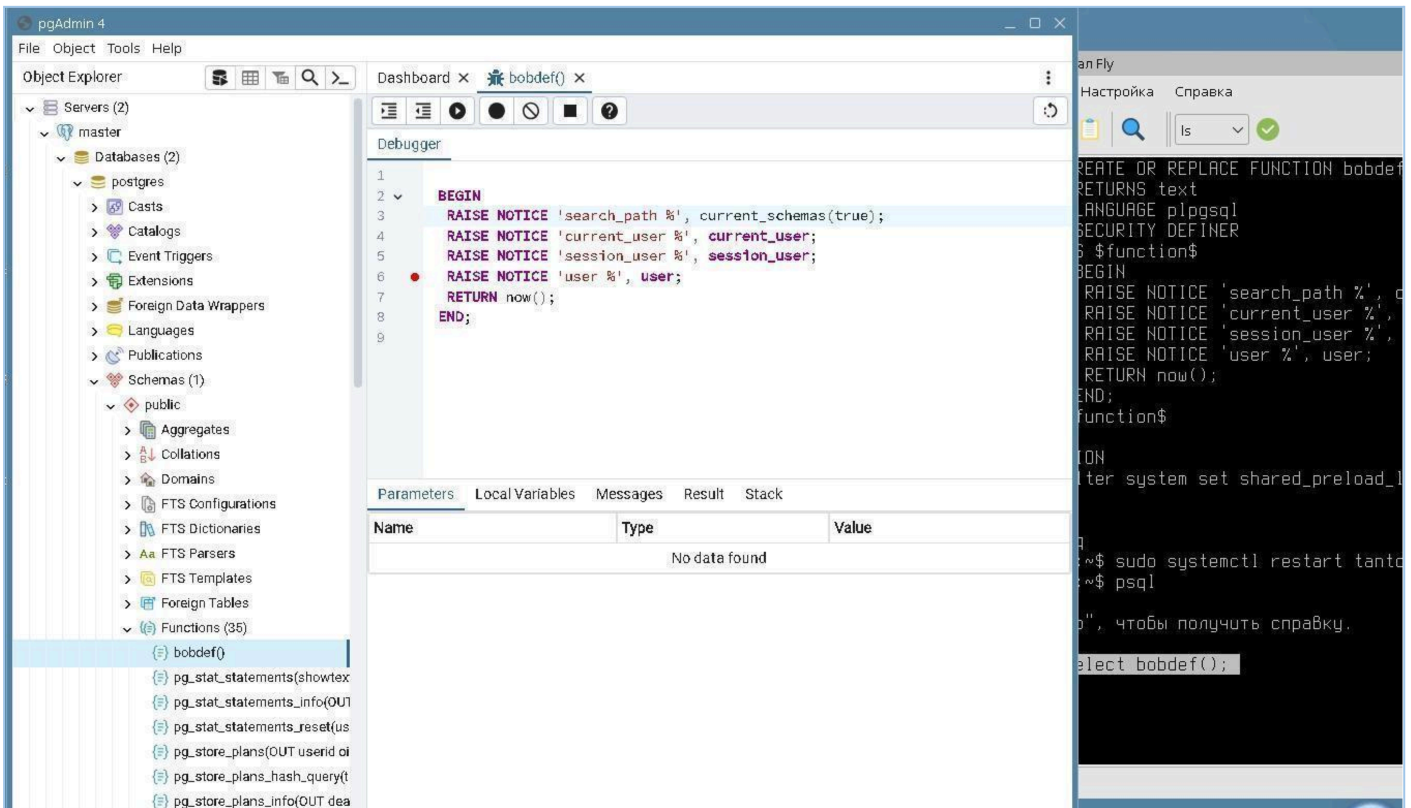
```
postgres=# select bobdef();
```



5) Окно pgAdmin отвиснет и покажет исходный код подпрограммы. Точка останова - первая команда подпрограммы.

В окне с текстом функции можно нажать на иконку (вторую слева) Step over - будет пошаговое выполнение. При этом в окне `psql` можно наблюдать вывод команд `RAISE NOTICE`.

Также можно устанавливать точки останова. Для их установки или удаления нужно кликнуть мышкой правее от номера строки. Справа от числа 6 на картинке виден красный кружок - в это место можно кликнуть, и кружок обозначает точку останова.

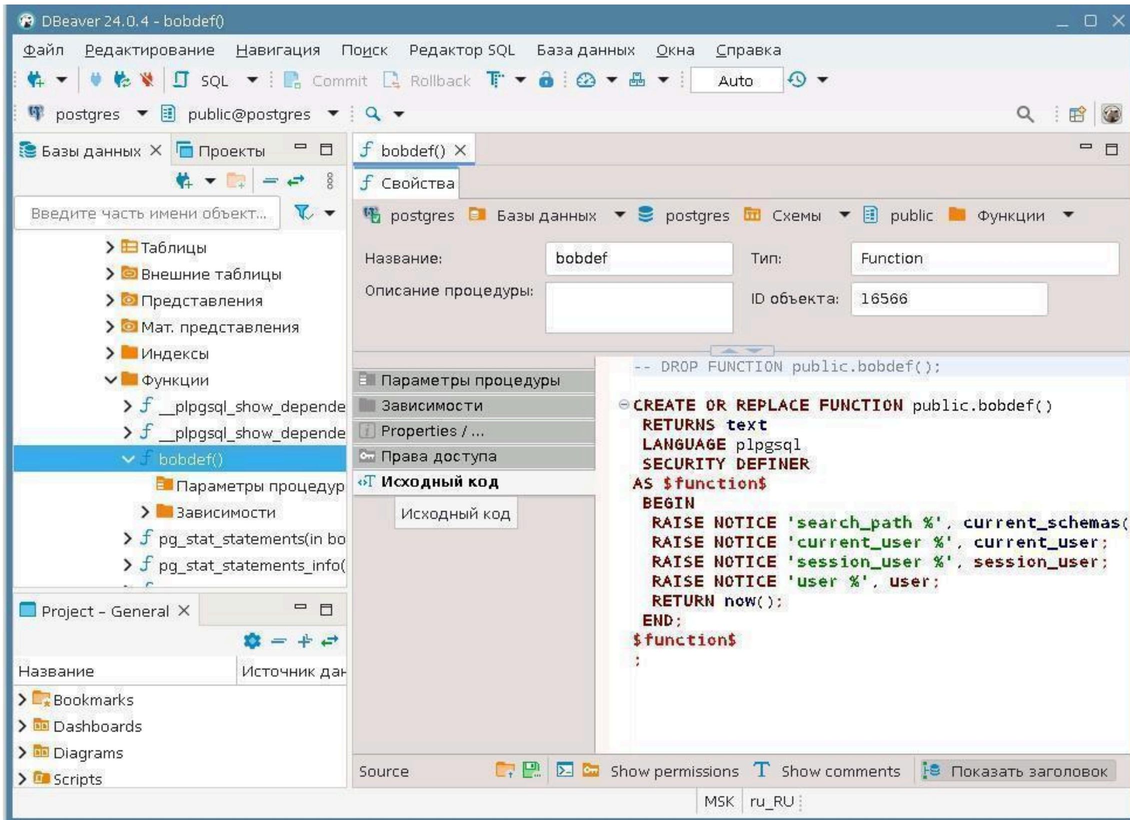


6) Нажимая мышкой на иконку Step Over или Continue/Start, дойдите до окончания выполнения функции.

7) Для выполнения отладки с вызовом подпрограммы в сессии pgAdmin, можно выбрать в выпадающем меню Debugging → Debug. В этом случае не потребуется запускать функцию в `psql`, она запустится в pgAdmin и в окне pgAdmin будут выдаваться `client_messages` (результат команд `RAISE NOTICE`).

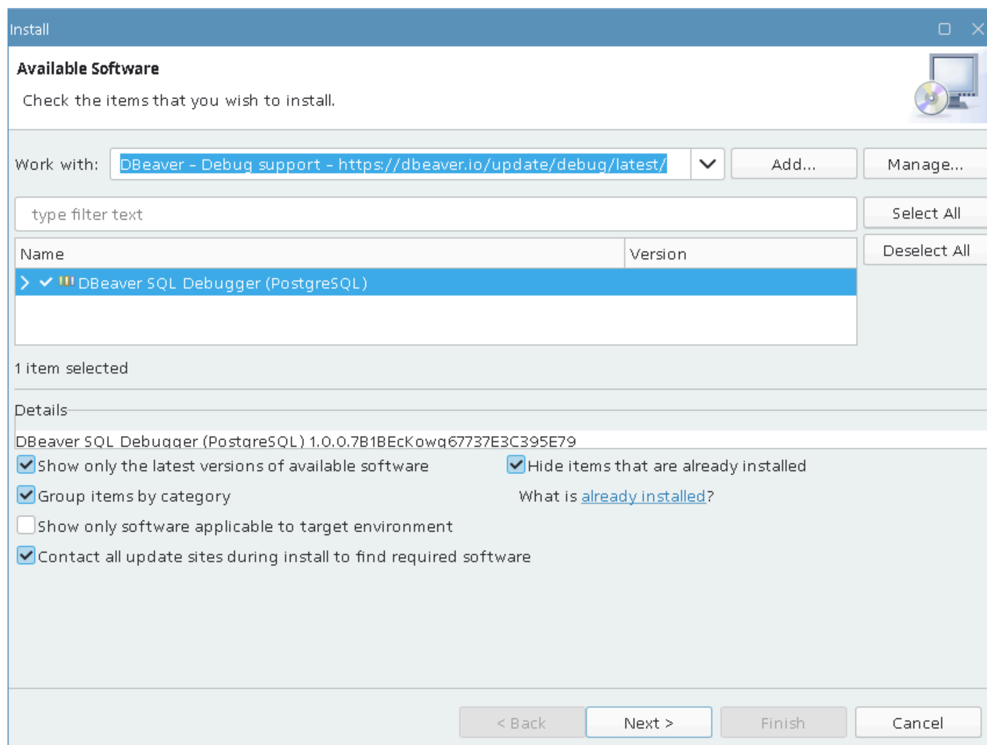
Часть 3. Отладка подпрограмм в DBeaver

1) Запустите DBeaver. Раскройте соединеие postgres → Databases → postgres → Schemas → public → functions. Выберите подпрограмму bobdef() для отладки и кликните на окно "Source":

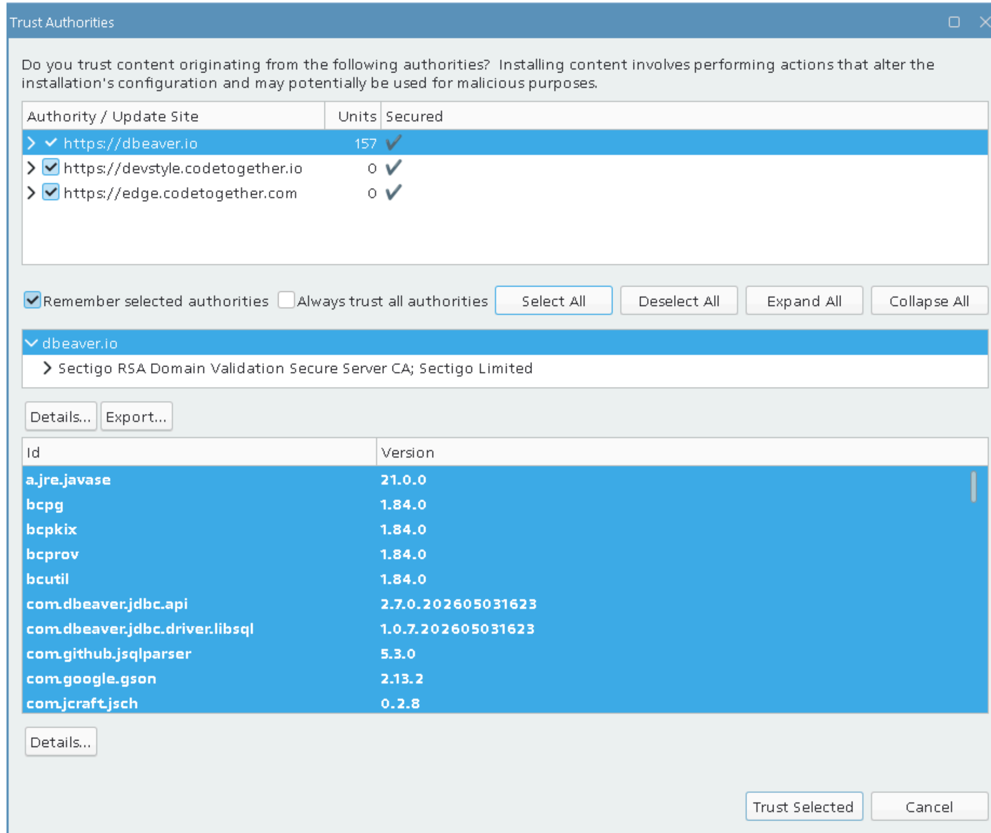


2) В этом пункте описываются шаги по установке плагина отладчика. В виртуальной машине к курсу плагин установлен, поэтому этот пункт выполнять не нужно.

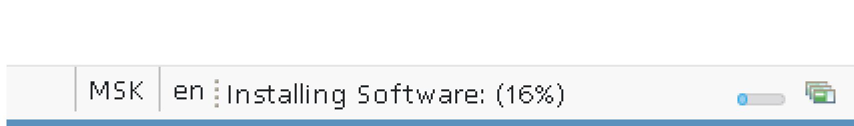
Выберите в меню Справка → Install New Software. Выберите Work with: DBeaver - Debug support - https://dbeaver.io/update/debug/latest/ , появится список, в списке выберите DBeaver SQL Debugger (PostgreSQL):



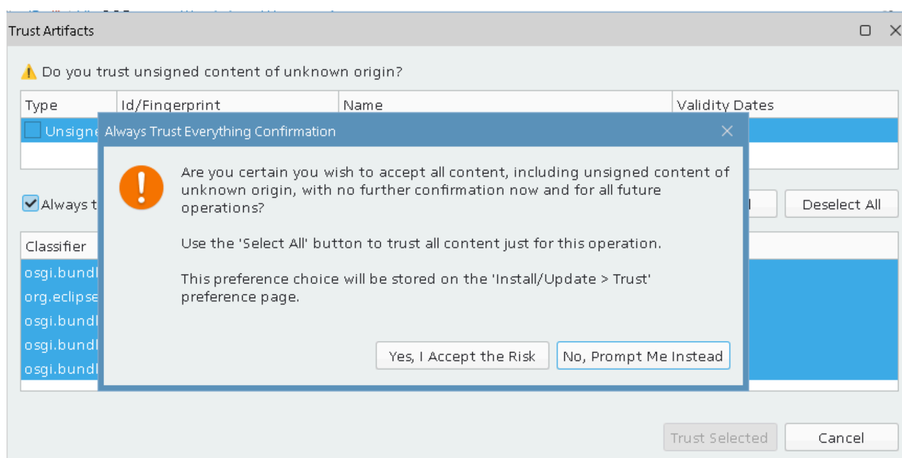
Нажмите Next → Finish. Появится окно с лицензией, выберите точку на radio button согласии с лицензией. В появившемся окне нажмите Select All и кнопку Trust Selected:



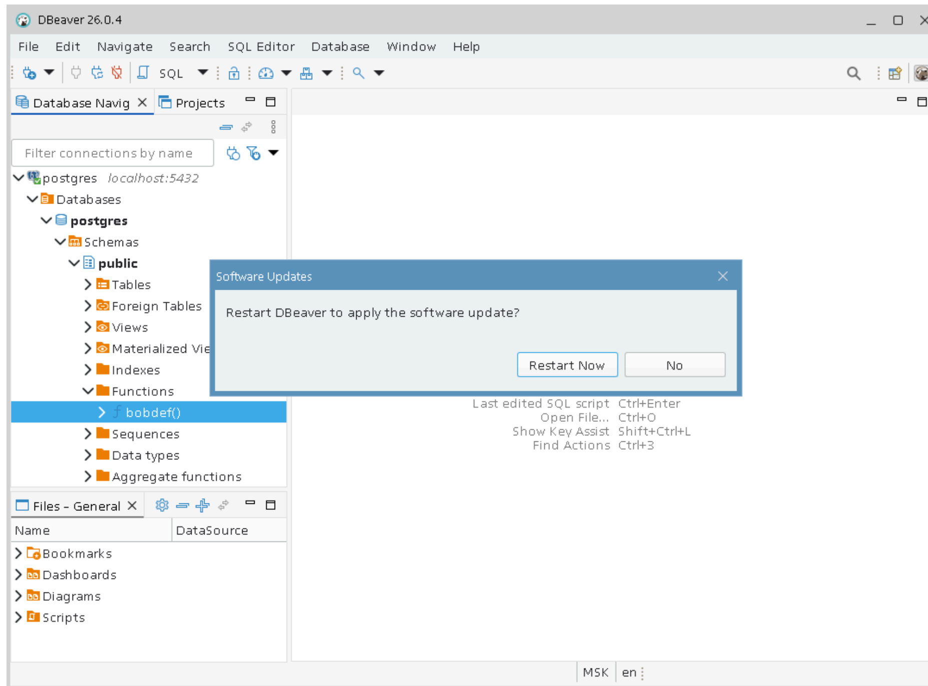
Окна закроются, внизу основного окна появится сообщение о скачивании:



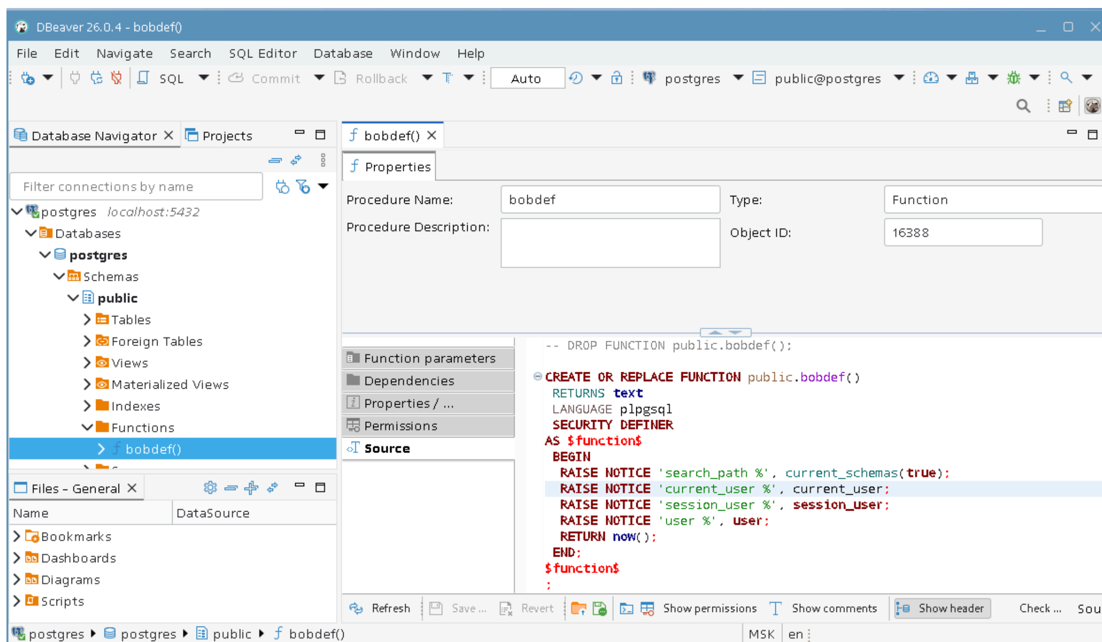
После этого могут появиться окна с подтверждением. Нажмите Always Trust all content, если не хотите, чтобы окна снова появлялись:



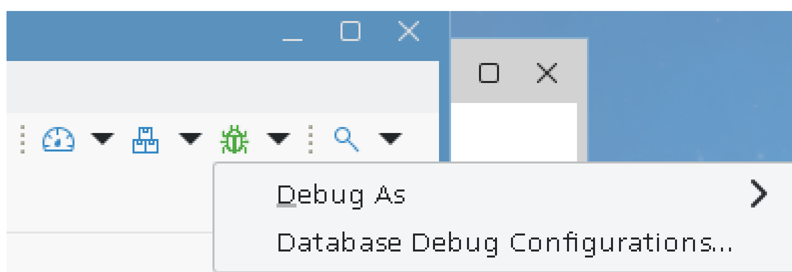
Утилита предложит перезапуститься, перезапустите её:



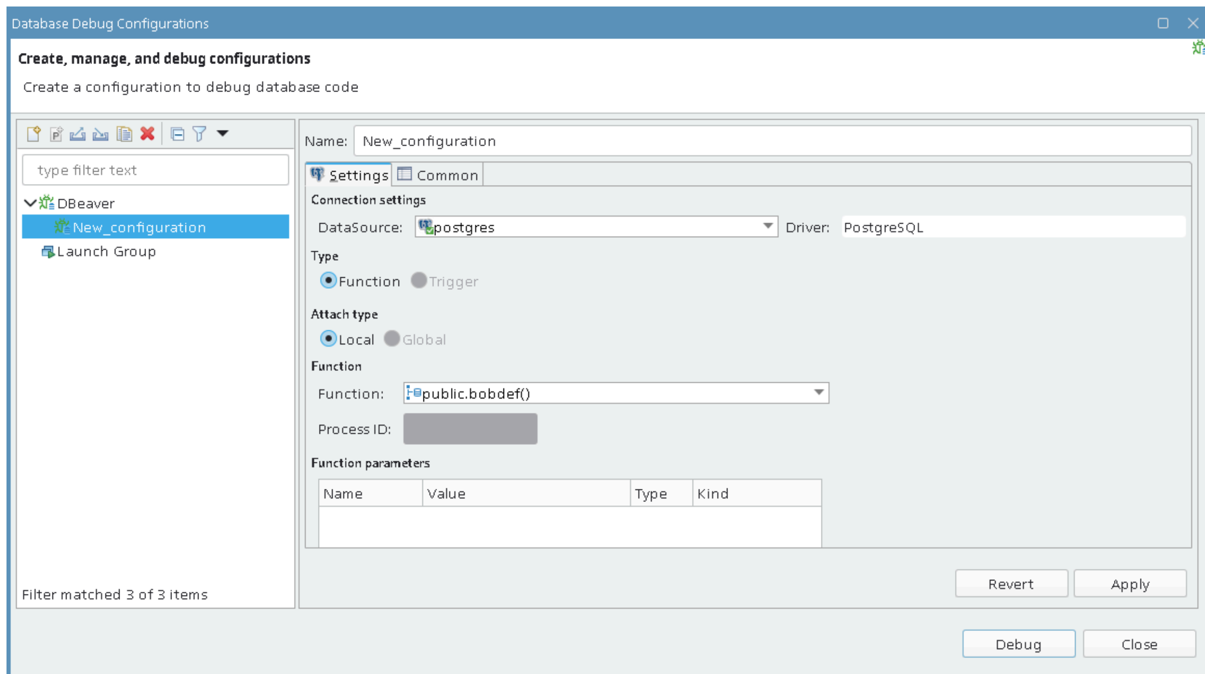
Проверьте, что после перезапуска, открыто окно с исходным кодом подпрограммы. Если не открыто, то выберите Раскройте соединение postgres → Databases → postgres → Schemas → public → functions. Выберите подпрограмму bobdef() для отладки и кликните на окно "Source":



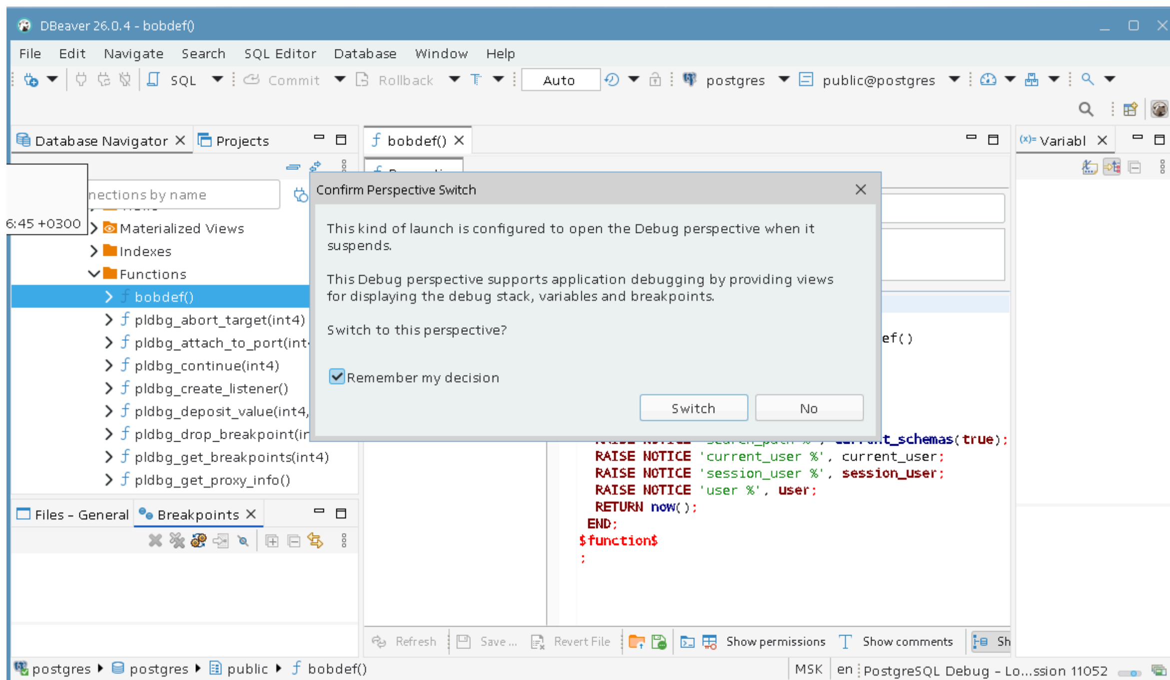
3) Нажмите на треугольник справа от зелёной иконки жучка (справа вверху окна DBeaver), в выпадающем меню выберите Database Debug Configurations..:



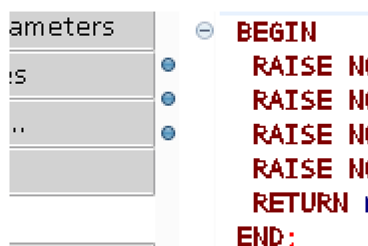
Выберите New_configuration. Справа в окне выберите DataSource → Postgres → Select. Затем выберите функцию public.bobdef() и нажмите кнопку Apply, потом кнопку Debug:



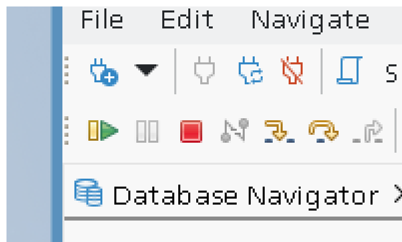
В появившемся окне выбора интерфейса отладчика нажмите No:



16) Кликая в начале строк исполняемого кода, можно устанавливать и снимать точки останова, они отображаются синими кружками. Попасть в то место, куда кликать сложно, так как оно небольшое по ширине:



С точками останова можно продолжать выполнение кода, нажимая на иконку с зелёным треугольником:

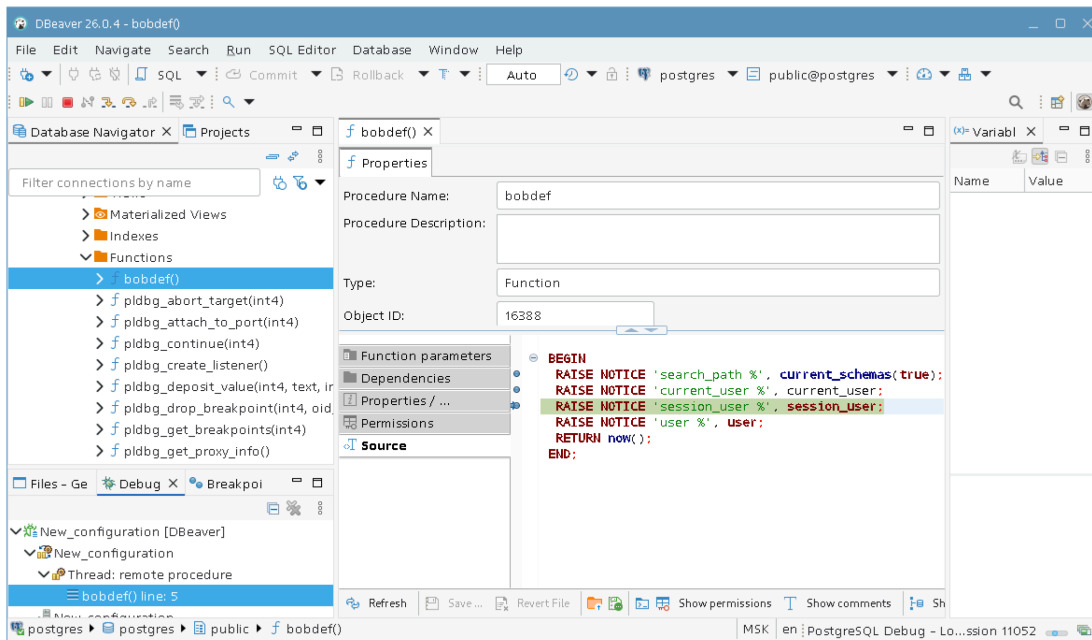


При нажатии на иконку с зелёным треугольником подсветится строка кода функции, на которой есть точка останова. При повторном нажатии подсветится строка со следующей по порядку точкой останова:

```
BEGIN
  RAISE NOTICE 'search_path %', current_schemas(true);
  RAISE NOTICE 'current_user %', current_user;
  RAISE NOTICE 'session_user %', session_user;
  RAISE NOTICE 'user %', user;
  RETURN now();
END;
```

Все иконки на toolbar стандартны для отладчиков в графических средах разработки (IDE): Step into (F5), Step over (F6), Terminate (Ctrl+F2), Resume (F8).

Превать выполнение можно нажава на красный квадрат (Ctrl+F2):



Обработка строк StringBuffer

1) Выполните команды:

```
drop table if exists t2;
create table t2 (c1 text, c2 text);
insert into t2 (c1)
VALUES (repeat('a', 1024*1024*512));
update t2 set c2 = c1;
select * from t2;
```

При выполнении команды `select` появится ошибка:

```
ERROR:  out of memory
ПОДРОБНОСТИ:  Cannot enlarge string buffer containing 536870922 bytes by
```

```
536870912 more bytes.
```

При выборке в строковый буфер выбиралось значение поля `c1`, плюс 10 байт. Для выборки значения второго поля `c2` буфер пытался увеличиться на размер поля `c2`.

2) Попробуем с меньшими полями:

```
drop table if exists t1;
create table t1 (c1 text, c2 text, c3 text, c4 text);
insert into t1 (c1) VALUES (repeat('a', 1024*1024*256));
update t1 SET c2=c1;
update t1 SET c3=c1;
update t1 SET c4=c1;
select * from t1;
```

Появится ошибка:

```
ERROR:  out of memory
ПОДРОБНОСТИ:  Cannot enlarge string buffer containing 805306386 bytes by
268435456 more bytes.
```

При выборке в строковый буфер выбирались значения полей `c1, c2, c3`. Буфер достиг размера трёх полей плюс 18 байт. При увеличении размера буфера на размер поля `c4`, возникла ошибка превышения границы 1 ГБ.

3) Выполните команду:

```
postgres=# COPY t2 TO '/tmp/test';
ERROR:  out of memory
ПОДРОБНОСТИ:  Cannot enlarge string buffer containing 536870913 bytes by
536870912 more bytes.
```

Возникла та же самая ошибка.

4) Строки размером больше 1 ГБ можно выгрузить по отдельным столбцам. Тип данных `text` и другие типы данных имеют ограничение на размер поля равное 1 ГБ. Выполните команду, выгружающую содержимое одного столбца:

```
postgres=# COPY t2 (c1) TO '/tmp/test';
COPY 1
postgres=# \! ls -al /tmp/test
-rw-r--r-- 1 postgres postgres 536870913 /tmp/test
postgres=# \! rm /tmp/test
```

Содержимое столбца было успешно выгружено.

5) Выполните:

```
drop table if exists t2;
create table t2 (c1 text);
insert into t2 (c1) VALUES (repeat(E'a\n', 357913941));
COPY t2 TO '/tmp/test';
```

Появится ошибка:

```
postgres=# COPY t2 TO '/tmp/test';
ERROR:  out of memory
ПОДРОБНОСТИ:  Cannot enlarge string buffer containing 1073741822 bytes by 1
more bytes.
```

Ограничение на память строкового буфера было превышено на 1 байт.

Размер поля - треть гигабайта с округлением в меньшую сторону.

При выгрузке в текстовом виде содержимое поля будет выглядеть так:

`a\na\na\na\n` и размер поля увеличится в три раза до 107374182**3** байт, что на **1** байт превышает максимальную границу.

6) При использовании формата binary поле можно выгрузить:

```
postgres=# COPY t2 TO '/tmp/test' WITH BINARY;
COPY 1
postgres=# \! ls -al /tmp/test
-rw-r--r-- 1 postgres postgres 715827909 /tmp/test
 postgres=# \! rm /tmp/test
```

7) Посмотрите сколько памяти выделяет серверный процесс при обработке строки.

Выполните команды:

```
drop table if exists t2;
create table t2 (c1 text, c2 text);
insert into t2 (c1) values (repeat('a', 1024*1024*1024-69));
```

В процессе выполнения команды insert, если успеть, то можно во втором окне терминала посмотреть, как менялся объем занятой и свободной памяти (нажимая на клавиатуре клавишу <стрелка вверх> и <Enter>):

```
postgres@tantor:~$ free -b -w
            total        used        free      shared     buffers       cache   available
Mem:   4109729792   633286656  2788950016   148430848    80027648   607465472  3033432064
Swap:           0           0           0
postgres@tantor:~$ free -b -w
            total        used        free      shared     buffers       cache   available
Mem:   4109729792  1280106496  2164342784   148439040    80093184   585187328  2386747392
Swap:           0           0           0
postgres@tantor:~$ free -b -w
            total        used        free      shared     buffers       cache   available
Mem:   4109729792  1514721280  1929728000   148439040    80093184   585187328  2152132608
Swap:           0           0           0
postgres@tantor:~$ free -b -w
            total        used        free      shared     buffers       cache   available
Mem:   4109729792  1948651520  1495797760   148439040    80093184   585187328  1718202368
Swap:           0           0           0
postgres@tantor:~$ free -b -w
            total        used        free      shared     buffers       cache   available
Mem:   4109729792  2772905984   671543296   148439040    80093184   585187328   893947904
Swap:           0           0           0
postgres@tantor:~$ free -b -w
            total        used        free      shared     buffers       cache   available
Mem:   4109729792   656199680  2735239168   148439040    80093184   638197760  3010174976
Swap:           0           0           0
```

Память выделяется динамически.

Использование памяти **увеличилось на ~2 ГБ (2125635584 байт)**. Свободной памяти осталось ~670 МБ.

8) Если на хосте (виртуальной машине) не хватает физической памяти для выделения буфера обработки строк, то экземпляр может аварийно остановиться. Выполните команды:

```
update t2 set c2 = c1;
select * from t2;
сервер неожиданно закрыл соединение
        Скорее всего сервер прекратил работу из-за сбоя
        до или в процессе выполнения запроса.
Подключение к серверу потеряно. Попытка восстановления неудачна.
Подключение к серверу потеряно. Попытка восстановления неудачна.
!?> \q
postgres@tantor:~$ psql
psql (18.3)
Введите "help", чтобы получить справку.
```

Такая ошибка возникнет при нехватке физической памяти. Серверный процесс пытался выделить ~**4 ГБ** памяти, а свободной памяти было меньше 2.7 ГБ. `oom-kill` (out of memory killer)

убил серверный процесс. Однако oom-kill может убить произвольные процессы. Процесс postgres остановил все процессы и запустил фоновые процессы.

В процессе динамического выделения памяти операционная система уменьшала размер кэша операционной системы. Если в кэше операционной системы было бы много страниц, не записанных на диск, операционная система пыталась бы их записать и стала бы менее "отзывчивой".

```
postgres@tantor:~$ free -b -w
               total        used        free      shared     buffers       cache   available
Mem:      4109729792  3190587392   145354752   148439040    80482304   693305344   474697728
Swap:              0           0           0
postgres@tantor:~$ free -b -w
               total        used        free      shared     buffers       cache   available
Mem:      4109729792  3805593600   117968896   148439040      237568   185929728    21350400
Swap:              0           0           0
postgres@tantor:~$ free -b -w
               total        used        free      shared     buffers       cache   available
Mem:      4109729792   629743616  3223060480   134189056     4390912   252534784  3134205952
Swap:              0           0           0
```

Сообщения в журнале операционной системы:

```
postgres@tantor:~$ sudo dmesg
[79734.048885] oom-kill:
constraint=CONSTRAINT_NONE,nodemask=(null),cpuset=/,mems_allowed=0-1,global_oom
,
task_memcg=/system.slice/tantor-se-server-18.service,task=postgres,pid=5041,uid
=999
[79734.048904] Out of memory: Killed process 5041 (postgres) total-vm:4425648kB,
anon-rss:3177400kB, file-rss:4kB, shmem-rss:34624kB, UID:999 pgtables:6444kB
oom_score_adj:0
```

Сообщения в логе кластера:

```
postgres@tantor:~$ cat $PGDATA/current_logfiles
stderr log/postgresql-000000.log
postgres@tantor:~$ tail -n 15 $PGDATA/log/ postgresql-000000.log

[31030] LOG:  server process (PID 31038) was terminated by signal 9: Killed
[31030] DETAIL:  Failed process was running: select * from t2;
[31030] LOG:  terminating any other active server processes
[31030] LOG:  all server processes terminated; reinitializing
[31039] LOG:  database system was interrupted; last known up at 19:58:59 MSK
[31042] FATAL:  the database system is in recovery mode
Failed.
[31039] LOG:  database system was not properly shut down; automatic recovery in progress
[31039] LOG:  redo starts at 116/CE344C0
[31039] LOG:  invalid record length at 116/DF34798: expected at least 26, got 0
[31039] LOG:  redo done at 116/DF34770 system usage: CPU: user: 0.02 s, system: 0.12 s, elapsed:
0.15 s
[31040] LOG:  checkpoint starting: end-of-recovery immediate wait
[31040] LOG:  checkpoint complete: wrote 2105 buffers (12.8%); 0 WAL file(s) added, 0 removed, 0
recycled; write=0.025 s, sync=0.003 s, total=0.031 s; sync files=25, longest=0.001 s, average=0.001
s; distance=17408 kB, estimate=17408 kB; lsn=116/DF34798, redo lsn=116/DF34798
[31030] LOG:  database system is ready to accept connections
```

oom-kill послал **сигнал 9** (SIGKILL) серверному процессу, который при выполнении команды select * from t2 пытался выделить много памяти, но **oom-kill** может послать **сигнал 9** (SIGKILL) и другим процессам.

Процесс `postgres` **останавливает все процессы и снова запускает процессы**, как при запуске экземпляра.

9) Удалите таблицы:

```
postgres=# drop table t1;
DROP TABLE
postgres=# drop table t2;
DROP TABLE
```

Поиск осиротевших файлов

В директориях PGDATA и табличных пространств могут присутствовать файлы, которые не используются кластером. Такие файлы могут появляться в результате непредвиденной остановки процесса, создавшего файл. Например, при создании таблицы создаются строки в таблицах системного каталога и файлы в файловой системе. Если процесс сбойнёт, то при рестарте экземпляра строк в таблицах системного каталога не будет, если транзакция не успела зафиксироваться. При этом файлы в файловой системе обычно остаются. Экземпляры postgres не часто некорректно (сигналы SEGKILL, SIGSEGV) останавливаются, поэтому проблема не сильно актуальна с точки зрения места, занимаемого "осиротевшими" в результате исчезновения породившего их процесса файлами. Например, при нехватке памяти oom-kill посылает сигнал SEGKILL. Установим расширение, с помощью которого проверим, есть ли такие файлы в кластере.

1) Выполните команды по установке расширения:

```
astra@tantor:~$ su - root
Password: root
```

2) Пункт можно не выполнять, так как файл расширения в виртуальной машине курса уже скачан и разархивирован.

```
root@tantor:~#
wget github.com/bdrouvot/pg_orphaned/archive/refs/heads/master.zip

HTTP request sent, awaiting response... 302 Found
HTTP request sent, awaiting response... 200 OK
Length: unspecified [application/zip]
Saving to: 'master.zip'
master.zip             [ <=> ]  13.79K  --.-KB/s    in 0.04s
(308 KB/s) - 'master.zip' saved [14119]

root@tantor:~# unzip master.zip
Archive:  master.zip
5038f7ed2579cfbdce1ccb4fbac311267b66779a
replace pg_orphaned-master/LICENSE? [y]es, [n]o, [A]ll, [N]one, [r]ename: A
   creating: pg_orphaned-master/
  inflating: pg_orphaned-master/LICENSE
  inflating: pg_orphaned-master/Makefile
  inflating: pg_orphaned-master/README.md
  inflating: pg_orphaned-master/pg_orphaned--1.0.sql
  inflating: pg_orphaned-master/pg_orphaned.c
  inflating: pg_orphaned-master/pg_orphaned.control
```

3) Соберите и установите расширение:

```
root@tantor:~# cd pg_orphaned-master
root@tantor:~/pg_orphaned-master#
export PATH=/opt/tantor/db/18/bin:$PATH
export USE_PGXS=1
make
make install
gcc -Wall -Wmissing-prototypes -Wpointer-arith -Wdeclaration-after-statement -Werror=vla -Wendif-labels
-Wmissing-format-attribute -Wimplicit-fallthrough=3 -Wcast-function-type -Wshadow=compatible-local
-Wformat-security -fno-strict-aliasing -fwrapv -fexcess-precision=standard -Wno-format-truncation
-Wno-stringop-truncation -O2 -pipe -Wno-missing-braces -fPIC -fvisibility=hidden -I. -I./
-I/opt/tantor/db/18/include/postgresql/server -I/opt/tantor/db/18/include/postgresql/internal  -D_GNU_SOURCE
```

```
-I/usr/include/libxml2   -c -o pg_orphaned.o pg_orphaned.c
gcc -Wall -Wmissing-prototypes -Wpointer-arith -Wdeclaration-after-statement -Werror=vla -Wendif-labels
-Wmissing-format-attribute -Wimplicit-fallthrough=3 -Wcast-function-type -Wshadow=compatible-local
-Wformat-security -fno-strict-aliasing -fwrapv -fexcess-precision=standard -Wno-format-truncation
-Wno-stringop-truncation -O2 -pipe -Wno-missing-braces -fPIC -fvisibility=hidden -shared -o pg_orphaned.so
pg_orphaned.o  -L/opt/tantor/db/18/lib   -L/usr/lib/llvm-11/lib  -Wl,--as-needed
-Wl,-rpath,'/opt/tantor/db/18/lib',--enable-new-dtags -lm  -fvisibility=hidden
/usr/bin/clang-11 -Wno-ignored-attributes -fno-strict-aliasing -fwrapv -Wno-unused-command-line-argument -O2
-I. -I./ -I/opt/tantor/db/18/include/postgresql/server -I/opt/tantor/db/18/include/postgresql/internal
-D_GNU_SOURCE -I/usr/include/libxml2  -flto=thin -emit-llvm -c -o pg_orphaned.bc pg_orphaned.c

/usr/bin/mkdir -p '/opt/tantor/db/18/lib/postgresql'
/usr/bin/mkdir -p '/opt/tantor/db/18/share/postgresql/extension'
/usr/bin/mkdir -p '/opt/tantor/db/18/share/postgresql/extension'
/usr/bin/install -c -m 755  pg_orphaned.so '/opt/tantor/db/18/lib/postgresql/pg_orphaned.so'
/usr/bin/install -c -m 644 .//pg_orphaned.control '/opt/tantor/db/18/share/postgresql/extension/'
/usr/bin/install -c -m 644 .//pg_orphaned--1.0.sql  '/opt/tantor/db/18/share/postgresql/extension/'
/usr/bin/mkdir -p '/opt/tantor/db/18/lib/postgresql/bitcode/pg_orphaned'
/usr/bin/mkdir -p '/opt/tantor/db/18/lib/postgresql/bitcode'/pg_orphaned/
/usr/bin/install -c -m 644 pg_orphaned.bc '/opt/tantor/db/18/lib/postgresql/bitcode'/pg_orphaned/./
cd '/opt/tantor/db/18/lib/postgresql/bitcode' && /usr/lib/llvm-11/bin/llvm-lto -thinlto
-thinlto-action=thinlink -o pg_orphaned.index.bc pg_orphaned/pg_orphaned.bc

root@tantor:/pg_orphaned-master# exit
logout
astra@tantor:~$ psql
psql (18.3)
Введите "help", чтобы получить справку.
postgres=# CREATE EXTENSION pg_orphaned;
CREATE EXTENSION
```

4) Посмотрите на список функций, которые создало расширение:

```
postgres=# \df *orphane*
 Schema |           Name            | Result data type |
--------+---------------------------+------------------+------------------------
 public | pg_list_orphaned          | SETOF record     | older_than interval DEFAULT
 public | pg_list_orphaned_moved    | SETOF record     | OUT dbname text, OUT path t
 public | pg_move_back_orphaned     | integer          |
 public | pg_move_orphaned          | integer          | older_than interval DEFAULT
 public | pg_remove_moved_orphaned  | void             |
(5 rows)
```

5) Проверьте, есть ли в директориях табличных пространств осиротевшие файлы данных:

```
postgres=# select * from pg_list_orphaned('1 second');
 dbname | path | name | size | mod_time | relfilenode | reloid | older
--------+------+------+------+----------+-------------+--------+-------
(0 rows)
```

6) Получите PID серверного процесса:

```
postgres=# select pg_backend_pid();
 pg_backend_pid
----------------
          10555
(1 row)
```

7) В окне `psql` дайте команды:

```
postgres=*# drop table if exists t2;
DROP TABLE
postgres=# begin;
BEGIN
postgres=*# create table t2 (c1 text, c2 text);
CREATE TABLE
```

```
postgres=*# insert into t2 (c1) values (repeat('a', 1024*1024*1024-69));
```

8) Запустите второе окно терминала и подготовьте к выполнению команду, и пошлите сигнал 11 серверному процессу:

```
astra@tantor:~$ sudo kill -11 10555
```

9) Процесс остановился, экземпляр перегрузился. Так как сессия простаивала, то утилита psql не получила уведомления о том, что серверного процесса больше нет. Выполните любую команду:

```
postgres=*# \d t2
server closed the connection unexpectedly
        This probably means the server terminated abnormally
        before or while processing the request.
The connection to the server was lost. Attempting reset: Succeeded.
```

Утилита psql сообщила, что соединение было закрыто.

Было симулировано падение серверного процесса по ошибке сегментации.

Процесс postgres остановил все процессы и перезапустил экземпляр.

В логе кластера появятся сообщения:

```
LOG:  server process (PID 10555) was terminated by signal 11: Segmentation fault
DETAIL:  Failed process was running: insert into t2 (c1) values (repeat('a',
1024*1024*1024-69));
LOG:  terminating any other active server processes
FATAL:  the database system is in recovery mode
LOG:  all server processes terminated; reinitializing
LOG:  database system was interrupted; last known up at
LOG:  database system was not properly shut down; automatic recovery in
progress
LOG:  redo starts at 0/1BCC9070
LOG:  invalid record length at 0/1BCC91D0: expected at least 26, got 0
LOG:  redo done at 0/1BCC9138 system usage: CPU: user: 0.00 s, system: 0.00 s,
elapsed: 0.00 s
LOG:  checkpoint starting: end-of-recovery immediate wait
LOG:  checkpoint complete: wrote 3 buffers (0.0%); 0 WAL file(s) added, 0
removed, 0 recycled; write=0.001 s, sync=0.001 s, total=0.004 s; sync files=2,
longest=0.001 s, average=0.001 s; distance=0 kB, estimate=0 kB; lsn=0/1BCC91D0,
redo lsn=0/1BCC91D0
LOG:  database system is ready to accept connections
```

Транзакция по созданию таблицы была незафиксирована и откатилась, но команды создания файлов не откатились - работа с файлами в файловой системе нетранзакционна.

10) Перезапустите psql или создайте новое соединение:

```
postgres=# \q
postgres@tantor:~$ psql
psql (18.3)
Type "help" for help.
```

11) Проверьте, появились ли осиротевшие файлы:

```
postgres=# select * from pg_list_orphaned('1 second');
 dbname  |  path  |   name    |   size    | mod_time    | relfilenode | reloid | older
---------+--------+-----------+-----------+-------------+-------------+--------+
postgres | base/5 | 49307     |    155648 | 09:12:58+03 |       49307 |      0 | t
postgres | base/5 | 49303     |      8192 | 09:12:53+03 |       49303 |      0 | t
postgres | base/5 | 49306     | 12615680 | 09:12:58+03 |       49306 |      0 | t
```

```
postgres | base/5 | 49306_fsm |    24576 | 09:12:52+03 |       49306 |      0 | t
(4 rows)
```

Файлы появились и **занимают место** на диске.

Примечание: В случае если серверный процесс исчез бы в процессе выполнения последней команды `INSERT`, ошибки были бы такие:

```
server closed the connection unexpectedly
        This probably means the server terminated abnormally
        before or while processing the request.
The connection to the server was lost. Attempting reset: Failed.
The connection to the server was lost. Attempting reset: Failed.
!?> \q
postgres@tantor:~$ psql
psql (18.3)
Type "help" for help.
postgres=# select * from pg_list_orphaned('1 second');
  dbname  |  path  | name  | size | mod_time | relfilenode | reloid | older
----------+--------+-------+------+----------+-------------+--------+------
 postgres | base/5 | 41113 |    0 |          |       41113 |      0 | t
 postgres | base/5 | 41117 | 8192 |          |       41117 |      0 | t
 postgres | base/5 | 41116 |    0 |          |       41116 |      0 | t
(3 rows)
```

12) Удалите осиротевшие файлы функциями расширения:

```
 postgres=# select * from pg_move_orphaned('1 second');
 pg_move_orphaned
------------------
                4
(1 row)

postgres=# select * from pg_remove_moved_orphaned();
 pg_remove_moved_orphaned
--------------------------

(1 row)

postgres=# select * from pg_list_orphaned('1 second');
 dbname | path | name | size | mod_time | relfilenode | reloid | older
--------+------+------+------+----------+-------------+--------+-------
(0 rows)

postgres=# drop table if exists t2;
NOTICE:  table "t2" does not exist, skipping
DROP TABLE
```

Таблица отсутствует, так как транзакция, в которой она создавалась, не была зафиксирована. Серверный процесс создал версии строк в страницах таблиц системного каталога. Журнальные записи о создании версий строк могли попасть в WAL-файлы, после чего страницы с этими записями могли сохраниться на диске, а могли не успеть сохраниться. В зависимости от этого, после перезапуска экземпляра в страницах могут присутствовать записи о версиях строк, могут не присутствовать. В любом случае эти версии строк относятся к незафиксированной транзакции и не видны в сессиях. Такие версии строк будут очищены стандартным способом: быстрой очисткой или автовакуумом.

Резервирование и восстановление WAL-G

Протокол `S3` (Simple Storage Service) используется компаниями, предоставляющими услуги по хранению данных большого объема. Приложение, обслуживающее хранилище, может быть установлено в сети предприятия. WAL-G может работать с протоколом S3.

WAL-G, кроме использования протокола S3, может резервировать и восстанавливать из директории в файловой системе. Директория не обязательно находится на локальном диске, можно смонтировать любую файловую систему, например, NFS.

WAL-G может резервировать в режиме "pull", используя репликационный протокол (параметр `--pghost`). В текущей версии при использовании репликационного протокола не не реализованы: многопоточная передача и дельта-бэкапы. WAL-G может принимать WAL по репликационному протоколу (параметр `wal-receive`), но принимаются только заполненные WAL, получения "`.partial`" файлов (как у pg_receivewal) нет.

Часть 1. Установка WAL-G

1) Откройте новый терминал и выполните команду:

```
astra@tantor:~$ sudo su -
root@tantor:~$ dpkg -i /root/wal-g-*.deb
(Reading database ... 320710 files and directories currently installed.)
Preparing to unpack wal-g-tantor-all_3.0.8-1astra1.8-1_amd64.deb ...
Unpacking wal-g-tantor-all (3.0.8-1astra1.8-1) over (3.0.8-1astra1.8-1) ...
Setting up wal-g-tantor-all (3.0.8-1astra1.8-1) ...
```

Пакет содержит единственный файл `/opt/tantor/usr/bin/wal-g`

2) Создайте символическую ссылку в директории, присутствующей в переменной окружения `$PATH`:

```
root@tantor:~$ sudo ln -s /opt/tantor/usr/bin/wal-g /usr/local/bin/wal-g
```

3) Проверьте версию WAL-G:

```
root@tantor:~$ wal-g --version
wal-g version v3.0.8    f81943e6        2026.01.22_18:57:00     PostgreSQL
```

4) Посмотрите, как называется файл параметров WAL-G и его местоположение:

```
root@tantor:~$ wal-g | grep config
      --config string   config file (default is $HOME/.walg.json)
      --turbo           Ignore all kinds of throttling defined in config
```

По умолчанию местоположение файла параметров `$HOME/.walg.json`.

5) Создайте файл параметров WAL-G в домашнем каталоге пользователя операционной системы postgres:

```
root@tantor:~$ su - postgres
postgres@tantor:~$ cat > $HOME/.walg.json << EOF
{
    "WALG_FILE_PREFIX": "/var/lib/postgresql/backup",
    "WALG_COMPRESSION_METHOD": "brotli",
    "WALG_DELTA_MAX_STEPS": "5",
    "PGHOST": "/var/run/postgresql",
```

```
    "PGDATA": "/var/lib/postgresql/tantor-se-server-18/data"
}
EOF
```

Резервирование будет выполняться в директорию, на которую указывает ключ WALG_FILE_PREFIX.

Алгоритм brotli обеспечивает лучшее и быстрое сжатие. Если вы не хотите сжимать файлы (бэкапы и WAL), то вместо brotli можно поставить none. WAL файлы в архиве будут иметь размер 16Мб.

В виртуальной машине установлен S3 сервер rustfs. Веб-интерфейс rustfs доступен в браузере по адресу http://localhost:9001 (имя rustfsadmin, пароль rustfsadmin).

S3-сервер может быть деинсталлирован и установлен заново командой:

```
root@tantor:~$ ./install_rustfs.sh
```

или, если есть доступ в интернет:

```
root@tantor:~$ curl -O https://rustfs.com/install_rustfs.sh && bash install_rustfs.sh
```

Файл конфигурации для работы с сервером S3:

```
postgres@tantor:~$ cat > $HOME/.walg3.json << EOF
{
   "AWS_ENDPOINT": "http://127.0.0.1:9000",
   "WALG_S3_PREFIX": "s3://bucket1",
   "AWS_ACCESS_KEY_ID": "rustfsadmin",
   "AWS_SECRET_ACCESS_KEY": "rustfsadmin",
   "AWS_S3_FORCE_PATH_STYLE": "true",
   "WALG_COMPRESSION_METHOD": "brotli",
   "WALG_DELTA_MAX_STEPS": "5",
   "PGDATA": "/var/lib/postgresql/tantor-se-18/data",
   "PGHOST": "/var/run/postgresql"
}
EOF
```

Для резервирования нужно создать "корзину" bucket1 (если она не создана), имя которой указывается в файле параметров. Это можно сделать через веб-интерфейс или командой:

```
root@tantor:~$ sudo mkdir /data/rustfs0/bucket1
```

6) Проверьте, что утилита командной строки wal-g может работать с настройками в файле. Для этого проверьте список бэкапов:

```
postgres@tantor:~$ wal-g backup-list
INFO: 2026/04/28 10:33:54.281318 List backups from storages: [default]
INFO: 2026/04/28 10:33:54.281702 No backups found
```

В команде можно указать файл параметров:

```
postgres@tantor:~$ wal-g backup-list --config=$HOME/.walg3.json
```

7) Посмотрите, какие WAL-сегменты есть у кластера:

```
postgres@tantor:~$ ls $PGDATA/pg_wal
000000010000000000000003  000000010000000000000004  archive_status  summaries
```

8) Посмотрим, какой командой передаются WAL-сегменты.

Выполните команду, передав в качестве параметра имя файла WAL-сегмента, выбрав файл с наименьшим числом в конце:

```
postgres@tantor:~$ wal-g wal-push $PGDATA/pg_wal/000000010000000000000003
```

```
INFO: 2026/04/28 10:37:20.069675 Files will be uploaded to storage: default
INFO: 2026/04/28 10:37:20.175420 FILE PATH: 000000010000000000000003.br
```

9) Утилита не удаляет то, что бэкапит. Проверьте, что исходный файл не был удалён:

```
postgres@tantor:~$ ls $PGDATA/pg_wal
000000010000000000000003  000000010000000000000004  archive_status  summaries
walg_data
```

В директории для бэкапов `/var/lib/postgresql/backup` были созданы поддиректории для бэкапов и файлов журнала (WAL-файлов):

```
postgres@tantor:~$ ls /var/lib/postgresql/backup
basebackups_005  wal_005
```

10) Бэкапов пока не делали, их нет:

```
 postgres@tantor:~$ wal-g backup-list
INFO: 2026/04/28 10:41:47.716946 List backups from storages: [default]
INFO: 2026/04/28 10:41:47.717376 No backups found
```

Бэкапов кластера не найдено, так как мы их пока не делали.

11) Выполните команды:

```
postgres@tantor:~$ wal-g wal-show

INFO: 2035/06/25 No backups found in storage.
+-----+------------+-----------------+--------------------------+------------------------ -+---------------+----------------+--------+---------------+
| TLI | PARENT TLI | SWITCHPOINT LSN | START SEGMENT            | END SEGMENT              | SEGMENT RANGE | SEGMENTS COUNT | STATUS | BACKUPS COUNT |
+-----+------------+-----------------+--------------------------+------------------------ -+---------------+----------------+--------+---------------+
|   1 |          0 |             0/0 | 000000010000000000000003 | 000000010000000000000003 |             1 |              1 | OK     |             0 |
+-----+------------+-----------------+--------------------------+------------------------ -+---------------+----------------+--------+---------------+
postgres@tantor:~$ wal-g wal-verify timeline
INFO: 2026/04/28 10:43:45.184908 Current WAL segment: 000000010000000000000003
INFO: 2026/04/28 10:43:45.185092 Building check runner: timeline
INFO: 2026/04/28 10:43:45.185114 Running the check: timeline
[wal-verify] timeline check status: OK
[wal-verify] timeline check details:
Highest timeline found in storage: 1
Current cluster timeline: 1

postgres@tantor:~$ wal-g wal-verify integrity
INFO: 2026/04/28 10:45:15.496497 Current WAL segment: 000000010000000000000003
INFO: 2026/04/28 10:45:15.496705 Building check runner: integrity
WARNING: 2026/04/28 10:45:15.497014 Failed to detect earliest backup WAL
segment no: 'No backups found',will scan until the 0000000X0000000000000001
segment.
INFO: 2026/04/28 10:45:15.497048 Running the check: integrity
[wal-verify] integrity check status: WARNING
[wal-verify] integrity check details:
+-----+--------------------------+--------------------------+----------------+-------------------+
| TLI | START                    | END                      | SEGMENTS COUNT |            STATUS |
+-----+--------------------------+--------------------------+----------------+-------------------+
|   1 | 000000010000000000000001 | 000000010000000000000002 |              2 | MISSING_UPLOADING |
+-----+--------------------------+--------------------------+----------------+-------------------+
```

Часть 2. Конфигурирование кластера для архивирования журналов

1) WAL-G можно совместить с pg_receivewal, получив преимущества высокоскоростного создания сжатых бэкапов, которые делает WAL-G и **отсутствие потерь транзакций (zero data loss)**, которое обеспечивает pg_receivewal. Запустите новый терминал и переключитесь в пользователя postgres. Создайте директорию, в которую pg_receivewal будет сохранять журналы, затем создайте слот репликации и запустите pg_receivewal:

```
astra@tantor:~$ astra@tantor:~$ sudo su - postgres
 postgres@tantor:~$ rm -rf $HOME/archivelog
mkdir $HOME/archivelog
mkdir $PGDATA/log
pg_receivewal --drop-slot --slot=arch
pg_receivewal --create-slot --slot=arch
pg_receivewal -D $HOME/archivelog --slot=arch --synchronous
mkdir: cannot create directory '/var/lib/postgresql/tantor-se-18/data/log':
File exists
pg_receivewal: error: could not send replication command "DROP_REPLICATION_SLOT
"arch"": ERROR:  replication slot "arch" does not exist
```

Утилиту pg_receivewal можно запускать как службу через systemd (так же как и экземпляр PostgreSQL). Если нужна гарантия отсутствия потерь транзакций, то нужно задать параметр конфигурации synchronous_standby_names=pg_receivewal, тогда транзакции будут подтверждаться только после того, как pg_receivewal получит запись о фиксации транзакции (и все предыдущие журнальные записи) и сохранит её в файле .partial. Однако, команды фиксации транзакций могут выполняться с большей задержкой.

2) Запустите `psql` и установите значения параметров конфигурации:

```
postgres@tantor:~$ psql
psql (18.3)
Type "help" for help.

postgres=# alter system set archive_command = 'wal-g wal-push "%p" >>
$PGDATA/log/archive_command.log 2>&1';
alter system set restore_command = 'wal-g wal-fetch "%f" "%p" >>
$PGDATA/log/restore_command.log 2>&1 || cp $HOME/archivelog/%f %p || cp
$HOME/archivelog/%f.partial %p';
alter system set archive_mode=on;
alter system set max_slot_wal_keep_size = '1TB';
ALTER SYSTEM
ALTER SYSTEM
ALTER SYSTEM
ALTER SYSTEM
```

Параметр **`archive_command`** устанавливает команду, которая будет выполняться после переключения на следующий WAL-сегмент. Команда должна завершаться успешно (возвращать статус "0"), иначе сегмент будет считаться не заархивированным и не сможет удаляться. **`%p`** - переменная которая инициализируется названием и путём к WAL-сегменту, в который завершена запись, и который должен быть заархивирован. Сообщения утилиты, которые она выводит в `stdout` и `stderr` направляются в файл **`$PGDATA/log/archive_command.log`**.

Параметр **`restore_command`** указывает, какая команда будет выполнена процессом `startup`, который восстанавливает кластер после запуска экземпляра и определяет по файлу `backup_label` или `pg_control`, какой WAL-сегмент нужен для продолжения восстановления

(будет накатываться следующим). Эта команда должна создать WAL-файл в директории `$PGDATA/pg_wal`.

Файлы с расширением `.partial` не применяются процессом startup при восстановлении. **Без применения последнего сформированного файла `.partial` последние транзакции будут потеряны**. Чтобы файл `.partial` применился, нужно убрать расширение у файла, что делает последняя часть команды **`restore_command`**. **Первая часть** команды восстанавливает журнал, заархивированный WAL-G. Если в архиве его нет, то **журнал копируется из архива pg_receivewal**. Если такого файла нет, то **копируется файл .partial (в котором и находятся самые последние изменения) и убирается расширение у файла**.

Отсутствие потерь (zero data loss, RPO=0) способны обеспечить: утилита pg_receivewal, pgrwl (аналог pg_receivewal, написанный на языке Go), процесс walreceiver (на физических репликах), Polar DataMax (в Tantor XData).

Параметр **`archive_mode`** включает действие параметра **`archive_command`.**

У этого параметра есть еще значение `always`, что означает, что **`archive_command`** будет выполняться и во время восстановления из бэкапа и в режиме физической реплики.

Параметр `max_slot_wal_keep_size` указан, чтобы напомнить про то, что его стоит устанавливать, чтобы не допустить нехватки места на диске.

Утилита `wal-g` использует файл параметров `$HOME/.walg.json`. Если нужно иметь несколько файлов параметров, то можно использовать параметр `--config`. Пример:

```
alter system set archive_command = 'wal-g --config
/var/lib/postgresql/.walg.json wal-push "%p" >> $PGDATA/log/archive_command.log
2>&1 || cp $HOME/archivelog/%f %p  || cp $HOME/archivelog/%f.partial %p';
```

3) Чтобы изменения подействовали, нужно остановить и запустить экземпляр:

```
postgres@tantor:~$ pg_ctl stop
sudo systemctl start tantor-se-server-18
```

4) Для проверки того, что мы правильно настроили архивирование журналов, переключимся на новый WAL-файл и убедимся, что archive_command выполнена:

```
postgres@tantor:~$ psql -c "select pg_switch_wal();"
cat $PGDATA/log/archive_command.log
 pg_switch_wal
---------------
 0/30002BC
(1 row)
INFO: 2026/04/28 11:31:34.145668 Files will be uploaded to storage: default
INFO: 2026/04/28 11:31:34.192862 FILE PATH: 000000010000000000000003.br
```

Если файл не появился, это может означать, что экземпляр не был остановлен, а был перезапущен опцией restart (процесс postgres не выгружался из памяти), либо не создана директория `$PGDATA/log`, либо не смогла выполниться команда, указанная в параметре конфигурации `archive_command`.

5) Выполните команду:

```
postgres@tantor:~$ wal-g wal-verify integrity
INFO: 2026/04/28 11:38:34.574673 Current WAL segment: 000000010000000000000004
INFO: 2026/04/28 11:38:34.574911 Building check runner: integrity
WARNING: 2026/04/28 11:38:34.575207 Failed to detect earliest backup WAL segment no: 'No backups found',will
scan until the 0000000X0000000000000001 segment.
```

```
INFO: 2026/04/28 11:38:34.575232 Running the check: integrity
[wal-verify] integrity check status: WARNING
[wal-verify] integrity check details:
+-----+--------------------------+--------------------------+----------------+------------------+
| TLI | START                    | END                      | SEGMENTS COUNT |           STATUS |
+-----+--------------------------+--------------------------+----------------+------------------+
|   1 | 000000010000000000000001 | 000000010000000000000002 |              2 | MISSING_UPLOADING |
|   1 | 000000010000000000000003 | 000000010000000000000003 |              1 |            FOUND |
+-----+--------------------------+--------------------------+----------------+------------------+
```

Файл журнала был заархивирован.

6) Зарезервируйте директорию кластера. WAL-G запускается на хосте с кластером, поэтому можно не пользоваться протоколом репликации, а копировать содержимое директории. Первый бэкап - **полный**.

Для этого нужно передать в качестве параметра название директории кластера:

```
postgres@tantor:~$ wal-g backup-push $PGDATA
INFO: 2026/04/28 11:40:37.903727 Backup will be pushed to storage: default
INFO: 2026/04/28 11:40:37.912409 Couldn't find previous backup. Doing full
backup.
INFO: 2026/04/28 11:40:37.918971 Calling pg_start_backup()
INFO: 2026/04/28 11:40:37.960085 Initializing the PG alive checker
(interval=1m0s)...
INFO: 2026/04/28 11:40:37.965840 Starting a new tar bundle
INFO: 2026/04/28 11:40:37.965877 Walking ...
INFO: 2026/04/28 11:40:37.966113 Starting part 1 ...
INFO: 2026/04/28 11:40:38.273288 Packing ...
INFO: 2026/04/28 11:40:38.274771 Finished writing part 1.
INFO: 2026/04/28 11:40:38.275148 Starting part 2 ...
INFO: 2026/04/28 11:40:38.275537 /global/pg_control
INFO: 2026/04/28 11:40:38.276323 Finished writing part 2.
INFO: 2026/04/28 11:40:38.276690 Calling pg_stop_backup()
INFO: 2026/04/28 11:40:38.287528 Starting part 3 ...
INFO: 2026/04/28 11:40:38.287912 backup_label
INFO: 2026/04/28 11:40:38.288159 tablespace_map
INFO: 2026/04/28 11:40:38.288613 Finished writing part 3.
INFO: 2026/04/28 11:40:38.289515 Querying pg_database
INFO: 2026/04/28 11:40:38.357616 Wrote backup with name
base_000000010000000000000005 to storage default
```

В начале резервирования, при вызове функции `pg_start_backup()` была выполнена контрольная точка в режиме `immediate force wait`

```
postgres@tantor:~$ tail -n 2 $PGDATA/log/postgresql-*
2026-04-28 11:40:37.930 MSK [9130] LOG:  checkpoint starting: immediate force
wait

2026-04-28 11:40:37.954 MSK [9130] LOG:  checkpoint complete: wrote 0 buffers
(0.0%), wrote 0 SLRU buffers; 0 WAL file(s) added, 0 removed, 0 recycled;
write=0.001 s, sync=0.001 s, total=0.025 s; sync files=0, longest=0.000 s,
average=0.000 s; distance=16383 kB, estimate=16383 kB; lsn=0/5000098, redo
lsn=0/5000028
```

7) Проверьте, что созданный бэкап есть в списке:

```
postgres@tantor:~$ wal-g backup-list
INFO: 2026/04/28 11:47:02.111831 List backups from storages: [default]
backup_name                   modified                  wal_file_name            storage_name
base_000000010000000000000005 2026-04-28T11:40:38+03:00 000000010000000000000005 default
```

Если при резервировании указать произвольную директорию, а не директорию кластера, выдастся ошибка:

```
postgres@tantor:~$ wal-g backup-push abcd
INFO: 2026/04/28 11:49:21.298817 Backup will be pushed to storage: default
ERROR: 2026/04/28 11:49:21.308429 Data directory from command line 'abcd' is not the same as
```

```
Postgres' one '/var/lib/postgresql/tantor-se-18/data'
```

В ошибке говорится, что директория **abcd** не является директорией кластера

```
/var/lib/postgresql/tantor-se-18/data
```

8) В директории `pg_wal` появился файл:

```
postgres@tantor:~$ ls  $PGDATA/pg_wal/
000000010000000000000005.00000028.backup  000000010000000000000007
archive_status  walg_data
000000010000000000000006                  000000010000000000000008  summaries

postgres@tantor:~$ cat $PGDATA/pg_wal/*.backup
START WAL LOCATION: 0/5000028 (file 000000010000000000000005)
STOP WAL LOCATION: 0/50001A0 (file 000000010000000000000005)
CHECKPOINT LOCATION: 0/5000098
BACKUP METHOD: streamed
BACKUP FROM: primary
START TIME: 2026-04-28 11:40:37 MSK
LABEL: 2026-04-28 11:40:37.918964 +0300 MSK m=+0.075515156
START TIMELINE: 1
STOP TIME: 2026-04-28 11:40:38 MSK
STOP TIMELINE: 1
```

9) В директории для бэкапов (WALG_FILE_PREFIX) появятся файлы, которые и являются бэкапом кластера баз данных:

```
postgres@tantor:~$
ls -al $HOME/backup/basebackups_005/*/tar_partitions
total 2760
drwxr-xr-x 2 postgres postgres    4096 Apr 28 11:40 .
drwxr-xr-x 3 postgres postgres    4096 Apr 28 11:40 ..
-rw-r--r-- 1 postgres postgres     269 Apr 28 11:40 backup_label.tar.br
-rw-r--r-- 1 postgres postgres 2806055 Apr 28 11:40 part_001.tar.br
-rw-r--r-- 1 postgres postgres     300 Apr 28 11:40 pg_control.tar.br
```

10) Сделайте ещё один бэкап. Следующие пять (**WALG_DELTA_MAX_STEPS**) бэкапов будут сделаны в режиме DELTA:

```
postgres@tantor:~$ wal-g backup-push $PGDATA
INFO: 2026/04/28 11:59:41.614186 Backup will be pushed to storage: default
INFO: 2026/04/28 11:59:41.628244 LATEST backup is:
'base_000000010000000000000005'
INFO: 2026/04/28 11:59:41.629001 Delta backup from base_000000010000000000000005
with LSN 0/5000028.
INFO: 2026/04/28 11:59:41.640736 Calling pg_start_backup()
INFO: 2026/04/28 11:59:41.681928 Initializing the PG alive checker
(interval=1m0s)...
INFO: 2026/04/28 11:59:41.685822 Delta backup enabled
INFO: 2026/04/28 11:59:41.688616 Starting a new tar bundle
INFO: 2026/04/28 11:59:41.688657 Walking ...
INFO: 2026/04/28 11:59:41.689004 Starting part 1 ...
INFO: 2026/04/28 11:59:41.708079 Packing ...
INFO: 2026/04/28 11:59:41.708530 Finished writing part 1.
INFO: 2026/04/28 11:59:41.708795 Starting part 2 ...
INFO: 2026/04/28 11:59:41.709022 /global/pg_control
INFO: 2026/04/28 11:59:41.709728 Finished writing part 2.
INFO: 2026/04/28 11:59:41.709747 Calling pg_stop_backup()
INFO: 2026/04/28 11:59:41.734895 Starting part 3 ...
INFO: 2026/04/28 11:59:41.735564 backup_label
INFO: 2026/04/28 11:59:41.735997 tablespace_map
INFO: 2026/04/28 11:59:41.737311 Finished writing part 3.
INFO: 2026/04/28 11:59:41.737927 Querying pg_database
INFO: 2026/04/28 11:59:41.833147 Wrote backup with name
```

```
base_000000010000000000000007_D_000000010000000000000005 to storage default

postgres@tantor:~$ ls -a /var/lib/postgresql/backup/basebackups_*
.
..
base_000000010000000000000005
base_000000010000000000000005_backup_stop_sentinel.json
base_000000010000000000000007_D_000000010000000000000005
base_000000010000000000000007_D_000000010000000000000005_backup_stop_sentinel.json
```

Часть 3. Восстановление из бэкапа, созданного WAL-G

1) В конфигурации есть физическая реплика. Проверьте, что **слот** репликации используется:

```
postgres@tantor:~$ psql -c "select * from pg_stat_replication" -x
-[ RECORD 1 ]----+---------
pid              | 9143
usesysid         | 10
usename          | postgres
application_name | walreceiver
client_addr      |
client_hostname  |
client_port      | -1
backend_start    | 2026-04-28 11:28:18.856992+03
backend_xmin     |
state            | streaming
sent_lsn         | 0/80001C0
write_lsn        | 0/80001C0
flush_lsn        | 0/80001C0
replay_lsn       | 0/80001C0
write_lag        |
flush_lag        |
replay_lag       |
sync_priority    | 0
sync_state       | async
reply_time       | 2026-04-28 12:55:12.301565+03
...

postgres@tantor:~$ psql -c "select * from pg_replication_slots" -x
-[ RECORD 1 ]-------+-----------
slot_name           | replica1
plugin              |
slot_type           | physical
datoid              |
database            |
temporary           | f
active              | t
active_pid          | 9143
xmin                |
catalog_xmin        |
restart_lsn         | 0/80001C0
confirmed_flush_lsn |
wal_status          | reserved
safe_wal_size       | 150994496
two_phase           | f
two_phase_at        |
inactive_since      |
conflicting         |
invalidation_reason |
failover            | f
synced              | f
...
```

Кроме реплики также есть и слот, используемый утилитой pg_receivewal.

2) Если предыдущая часть этой практики была успешно выполнена, то есть архивирование журналов выполнялось, бэкап был сделан, то остановите экземпляр и удалите директорию PGDATA:

```
postgres@tantor:~$ pg_ctl stop
```

```
waiting for server to shut down.... done
server stopped
postgres@tantor:~$ rm -rf $PGDATA/*
```

Команда симулирует полную потерю мастера ("disaster"). Команда удаляет, в том числе и текущий WAL-сегмент, который не был записан в архив. Транзакции, которые находятся в этом файле, будут восстановлены из файла .partial.

2) Выполните команду восстановления директории кластера из бэкапа:

```
postgres@tantor:~$ wal-g backup-fetch $PGDATA LATEST
INFO: 2026/04/28 12:56:37.402035 Selecting the latest backup...
INFO: 2026/04/28 12:56:37.402219 Backup to fetch will be searched in storages:
[default]
INFO: 2026/04/28 12:56:37.402360 LATEST backup is:
'base_000000010000000000000007_D_000000010000000000000005'
INFO: 2026/04/28 12:56:37.406190 Delta from base_000000010000000000000005 at
LSN 0/5000028
INFO: 2026/04/28 12:56:38.500014 Finished extraction of part_001.tar.br
INFO: 2026/04/28 12:56:38.500581 Finished extraction of backup_label.tar.br
INFO: 2026/04/28 12:56:38.500606 Finished extraction of pg_control.tar.br
INFO: 2026/04/28 12:56:38.500644
Backup extraction complete.
INFO: 2026/04/28 12:56:38.500783 base_000000010000000000000005 fetched.
Upgrading from LSN 0/5000028 to LSN 0/7000028
INFO: 2026/04/28 12:56:38.518914 Finished extraction of part_001.tar.br
INFO: 2026/04/28 12:56:38.522315 Finished extraction of pg_control.tar.br
INFO: 2026/04/28 12:56:38.523494 Finished extraction of backup_label.tar.br
INFO: 2026/04/28 12:56:38.523568
Backup extraction complete.
```

Директория **PGDATA** восстановлена.

3) Проверьте содержимое директории журналов:

```
postgres@tantor:~$ ls $PGDATA/pg_wal
```

Директория пуста.

4) Посмотрите содержимое управляющего файла:

```
postgres@tantor:~$ pg_controldata
pg_control version number:            1800
Tantor edition:                       Tantor Special Edition
Commit hash:                          198068a9cba07d65
Catalog version number:               642601132
Database system identifier:           7631939299371940905
Database cluster state:              in production
pg_control last modified:            Tue 28 Apr 2026 11:59:41 AM MSK
Latest checkpoint location:           0/7000098
Latest checkpoint's REDO location:    0/7000028
Latest checkpoint's REDO WAL file:    000000010000000000000007
Latest checkpoint's TimeLineID:       1
Latest checkpoint's PrevTimeLineID:   1
Latest checkpoint's full_page_writes: on
Latest checkpoint's NextXID:          764
Latest checkpoint's NextOID:          16388
Latest checkpoint's NextMultiXactId:  1
Latest checkpoint's NextMultiOffset:  0
Latest checkpoint's oldestXID:        745
Latest checkpoint's oldestXID's DB:   1
Latest checkpoint's oldestActiveXID:  764
Latest checkpoint's oldestMultiXid:   1
Latest checkpoint's oldestMulti's DB: 1
Latest checkpoint's oldestCommitTsXid:0
```

```
Latest checkpoint's newestCommitTsXid:0
Time of latest checkpoint:            Tue 28 Apr 2026 11:59:41 AM MSK
Fake LSN counter for unlogged rels:   0/3E8
Minimum recovery ending location:     0/0
Min recovery ending loc's timeline:   0
Backup start location:                0/0
Backup end location:                  0/0
End-of-backup record required:        no
wal_level setting:                    replica
wal_log_hints setting:                off
max_connections setting:              100
max_worker_processes setting:         8
max_wal_senders setting:              10
max_prepared_xacts setting:           0
max_locks_per_xact setting:           64
track_commit_timestamp setting:       off
Maximum data alignment:               8
Database block size:                  8192
Blocks per segment of large relation: 131072
WAL block size:                       8192
Bytes per WAL segment:                16777216
Maximum length of identifiers:        64
Maximum columns in an index:          32
Maximum size of a TOAST chunk:        1996
Size of a large-object chunk:         2048
Date/time type storage:               64-bit integers
Float8 argument passing:              by value
Data page checksum version:           1
Default char data signedness:         signed
Mock authentication nonce:            743420a54ee0e7f4d830...
Init Tantor edition:                  Tantor Special Edition
Init commit hash:                     198068a9cba07d65
```

Управляющий файл - образ того, который существовал на момент резервирования.

На это указывают строки:

```
Database cluster state:              in production
pg_control last modified:            Tue 28 Apr 2026 11:59:41 AM MSK
```

5) Вместо управляющего файла будет использоваться файл `backup_label`.

Посмотрите, что он присутствует и не пуст:

```
postgres@tantor:~$ cat $PGDATA/backup_label
START WAL LOCATION: 0/7000028 (file 000000010000000000000007)
CHECKPOINT LOCATION: 0/7000098
BACKUP METHOD: streamed
BACKUP FROM: primary
START TIME: 2026-04-28 11:59:41 MSK
LABEL: 2026-04-28 11:59:41.640728 +0300 MSK m=+0.075156967
START TIMELINE: 1
```

6) Попробуйте запустить экземпляр:

```
postgres@tantor:~$ pg_ctl start
waiting for server to start....
[10770] LOG:  Auto detecting pg_stat_kcache.linux_hz parameter...
[10770] LOG:  pg_stat_kcache.linux_hz is set to 333333
[10770] LOG:  redirecting log output to logging collector process
[10770] HINT:  Future log output will appear in directory "log".
 stopped waiting
pg_ctl: could not start server
Examine the log output.
```

Экземпляр не смог запуститься, нет журналов для синхронизации файлов кластера, так как в директории `pg_wal` нет ни одного файла журнала.

7) Создайте файл, который укажет, что выполняется восстановление из бэкапа:

```
postgres@tantor:~$ touch $PGDATA/recovery.signal
```

8) Запустите экземпляр:

```
postgres@tantor:~$ pg_ctl start
waiting for server to start....
[11789] LOG:  Auto detecting pg_stat_kcache.linux_hz parameter...
[11789] LOG:  pg_stat_kcache.linux_hz is set to 199999
[11789] LOG:  redirecting log output to logging collector process
[11789] HINT:  Future log output will appear in directory "log".
 done
server started
```

Процесс startup выполнял команду, указанную в параметре конфигурации **`restore_command`** и применял скопированные командой WAL-файлы, после чего экземпляр был запущен в соответствии со значениями параметров:

```
postgres@tantor:~$ psql -c "\dconfig recovery*"
  List of configuration parameters
         Parameter         | Value
---------------------------+--------
 recovery_end_command      |
 recovery_init_sync_method | fsync
 recovery_min_apply_delay  | 0
 recovery_prefetch         | try
 recovery_target           |
 recovery_target_action    | pause
 recovery_target_inclusive | on
 recovery_target_lsn       |
 recovery_target_name      |
 recovery_target_time      |
 recovery_target_timeline  | latest
 recovery_target_xid       |
(12 rows)
```

9) Посмотрите содержимое директории с журналами:

```
postgres@tantor:~$ ls -a $PGDATA/pg_wal
.   000000020000000000000009  00000002000000000000000B  archive_status  .wal-g
..  00000002000000000000000A  00000002.history          summaries
walg_data
```

Директория непустая. Была создана **новая** линия времени , появились файл `00000002.history` и пустая директория `.wal-g/prefetch/running`

10) Проверьте, что слоты репликации, которые существовали в начале этой части практики, были удалены:

```
postgres@tantor:~$ psql -c "select * from pg_stat_replication" -x
(0 rows)
postgres@tantor:~$ psql -c "select * from pg_replication_slots" -x
(0 rows)
```

В окне утилиты, где запущена утилита pg_receivewal она выдаёт сообщения:

```
pg_receivewal: disconnected; waiting 5 seconds to try again
     pg_receivewal: error: could not send replication command
```

```
"START_REPLICATION": ERROR:  replication slot "arch" does not exist
```

11) Создайте слот репликации (утилиту не нужно останавливать) и она снова начнет вытягивать журнальные файлы:

```
postgres@tantor:~$ pg_receivewal --create-slot --slot=arch
```

12) Полезна команда удаления мусора в архиве - неудачные бэкапы, ненужные журнальные файлы. Выполните эту команду:

```
postgres@tantor:~$ wal-g delete garbage --confirm
INFO: 2026/04/28 12:00:15.898912 Backup to delete will be searched in storages:
[default]
INFO: 2026/04/28 12:00:15.899093 retrieving permanent objects
INFO: 2026/04/28 12:00:15.908035 Running in default mode. Will remove outdated
WAL files and leftover backup files.
INFO: 2026/04/28 12:00:15.909364 Start delete
INFO: 2026/04/28 12:00:15.983676 Objects in folder:
...
```

Часть 4. Остановка архивирования журналов

1) Остановите работу утилиты pg_receivewal. Для этого в окне, в котором работает утилита, наберите комбинацию клавиш **ctrl+c**:

```
^C
pg_receivewal: not renaming "00000005000000E00000070.partial", segment is not complete
postgres@tantor:~$
```

Утилита сообщит, что она не будет переименовывать файл .partial, в который она писала в момент остановки.

2) Отключите режим архивирования журналов и удалите реплику:

```
postgres@tantor:~$ rm -rf $HOME/archivelog
rm -rf /var/lib/postgresql/backup/basebackups_005
rm -rf /var/lib/postgresql/backup/wal_005
psql -c "alter system set archive_mode = off;"
pg_ctl stop
sudo systemctl start tantor-se-server-18
pg_ctl stop -D /var/lib/postgresql/tantor-se-18-replica/data1
rm -rf /var/lib/postgresql/tantor-se-18-replica/data1
ALTER SYSTEM
waiting for server to shut down.... done
server stopped
waiting for server to shut down.... done
server stopped
```

Значение параметра `archive_mode = off` отключает архивирование WAL-сегментов.

3) Выполните команды для удаления бэкапов и заархивированных WAL:

```
postgres@tantor:~$ wal-g delete everything --confirm
INFO: 2026/04/28 13:10:57.932118 Backup to delete will be searched in storages: [default]
INFO: 2026/04/28 13:10:57.932215 retrieving permanent objects
INFO: 2026/04/28 13:10:57.933475 Objects in folder:
INFO: 2026/04/28 13:10:57.933582 will be deleted: basebackups_005/base_000000010000000000000005_backup_stop_sentinel.json, from storage: default
INFO: 2026/04/28 13:10:57.934023 will be deleted: basebackups_005/base_000000010000000000000007_D_ 000000010000000000000005_backup_stop_sentinel.json, from storage: default
INFO: 2026/04/28 13:10:57.934345 will be deleted: wal_005/000000010000000000000003.br, from storage: default
INFO: 2026/04/28 13:10:57.934615 will be deleted: wal_005/000000010000000000000004.br, from storage: default
INFO: 2026/04/28 13:10:57.934625 will be deleted: wal_005/000000010000000000000005.00000028.backup.br, from storage: default
INFO: 2026/04/28 13:10:57.934633 will be deleted: wal_005/000000010000000000000005.br, from storage: default
INFO: 2026/04/28 13:10:57.934640 will be deleted: wal_005/000000010000000000000006.br, from storage: default
INFO: 2026/04/28 13:10:57.934647 will be deleted: wal_005/000000010000000000000007.00000028.backup.br, from storage: default
INFO: 2026/04/28 13:10:57.934654 will be deleted: wal_005/000000010000000000000007.br, from storage: default
INFO: 2026/04/28 13:10:57.934662 will be deleted: wal_005/000000010000000000000008.br, from storage: default
INFO: 2026/04/28 13:10:57.934669 will be deleted: wal_005/00000002.history.br, from storage: default
INFO: 2026/04/28 13:10:57.934676 will be deleted: basebackups_005/ base_000000010000000000000005/files_metadata.json, from storage: default
INFO: 2026/04/28 13:10:57.934692 will be deleted: basebackups_005/ base_000000010000000000000005/metadata.json, from storage: default
INFO: 2026/04/28 13:10:57.934702 will be deleted: basebackups_005/ base_000000010000000000000007_D_ 000000010000000000000005/files_metadata.json, from storage: default
INFO: 2026/04/28 13:10:57.934711 will be deleted: basebackups_005/ base_000000010000000000000007_D_ 000000010000000000000005/metadata.json, from storage: default
INFO: 2026/04/28 13:10:57.934719 will be deleted: basebackups_005/ base_000000010000000000000005/ tar_partitions/backup_label.tar.br, from storage: default
INFO: 2026/04/28 13:10:57.934727 will be deleted: basebackups_005/ base_000000010000000000000005/ tar_partitions/part_001.tar.br, from storage: default
INFO: 2026/04/28 13:10:57.934747 will be deleted: basebackups_005/ base_000000010000000000000005 /tar_partitions/pg_control.tar.br, from storage: default
INFO: 2026/04/28 13:10:57.934756 will be deleted: basebackups_005/ base_000000010000000000000007_D _000000010000000000000005/tar_partitions/backup_label.tar.br, from storage: default
INFO: 2026/04/28 13:10:57.934764 will be deleted: basebackups_005/ base_000000010000000000000007_D _000000010000000000000005/tar_partitions/part_001.tar.br, from storage: default
INFO: 2026/04/28 13:10:57.934772 will be deleted: basebackups_005/ base_000000010000000000000007_D _000000010000000000000005/tar_partitions/pg_control.tar.br, from storage: default
```

4) В терминале пользователя postgres отредактируйте файл, установив **отсутствие** сжатия:

```
postgres@tantor:~$ cat > .walg.json << EOF
{
 "WALG_FILE_PREFIX": "/var/lib/postgresql/backup",
 "WALG_COMPRESSION_METHOD": "none",
 "WALG_DELTA_MAX_STEPS": "5",
 "PGHOST": "/var/run/postgresql",
 "PGDATA": "/var/lib/postgresql/tantor-se-server-18/data"
}
EOF
```

5) Запустите получение WAL по репликационному протоколу:

```
postgres@tantor:~$ wal-g wal-receive
INFO: 2026/04/28 21:44:41.565679 FILE PATH: 00000002.history.
```

Процесс, получающий журналы запущен.

6) В другом терминале переключите журнал и посмотрите какой журнал текущий:

```
postgres@tantor:~$ psql -c "select pg_switch_wal();select
pg_current_wal_flush_lsn();"
Pager usage is off.
pg_switch_wal
---------------
0/1100008C
(1 row)

pg_current_wal_flush_lsn
--------------------------
0/12000000
(1 row)
```

С файла 11 прошло переключение на 12 файл, именно 12 файл является текущим WAL файлом.

В окне появится сообщение:

```
INFO: 2026/04/28 21:48:59.754280 FILE PATH: 000000020000000000000011.
```

WAL-G записал в архив только **11** файл:

```
postgres@tantor:~$ ls $HOME/backup/wal_005/
000000020000000000000011.  00000002.history.
```

7) Остановите экземпляр в аварийном режиме (без контрольной точки), симулируя сбой:

```
postgres@tantor:~$ pg_ctl stop -m immediate
waiting for server to shut down.... done
server stopped
```

В окне WAL-G появится сообщение и утилита прекратит работу:

```
ERROR: 2026/04/28 21:52:49.937823 receive message failed: unexpected EOF
```

Текущий, **12** файл (его часть) утилита не записала в архив.

Проверим по управляющему файлу:

```
postgres@tantor:~/backup$ pg_controldata | grep location
Latest checkpoint location:           0/120000E0
Latest checkpoint's REDO location:    0/12000070
Minimum recovery ending location:     0/0
Backup start location:                0/0
Backup end location:                  0/0
```

Текущий журнал **12**. В архиве его нет:

```
postgres@tantor:~$ ls $HOME/backup/wal_005/
000000020000000000000011.  00000002.history.
```

При потере PGDATA будут потеряны транзакции в **12** файле. Для вытягивания текущего WAL можно использовать pg_receivewal.