

Университет ИТМО  
Факультет программной инженерии и компьютерной техники

# Распределённые системы хранения данных. Лабораторная работа №3.

Группа: Р33131  
Студент: Смирнов Виктор Игоревич  
Преподаватель: Афанасьев Дмитрий Борисович  
Вариант: 736

## Ключевые слова

База данных, конфигурация PostgreSQL.

## Содержание

<b>1</b>	<b>Цель работы и контекст</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Этап 0. Контекст работы</b>	<b>1</b>
2.1	Переменные окружения	2
2.2	Конфигурация базы данных	2
2.3	Создание <code>pgbase</code>	3
2.4	Инициализация базы данных	3
2.5	Запуск базы данных	3
2.6	Настройка базы данных	4
<b>3</b>	<b>Этап 1. Резервное копирование</b>	<b>4</b>
3.1	Задача	4
3.2	Подготовка секретов	5
3.3	Конфигурация <code>primary</code> узла для резервного копирования	5
3.4	Создание базовой резервной копии	5
3.5	Подготовка <code>standby</code>	5
3.6	Полная настройка <code>primary</code> узла	6
3.7	Действия системного администратора по первоначальной настройке системы	6
<b>4</b>	<b>Этап 2. Потеря основного узла</b>	<b>6</b>
4.1	Задача	6
4.2	Восстановление СУБД на резервном узле	7
4.3	Действия на <code>primary</code> узле	7
4.4	Действия на <code>standby</code> узле	8
<b>5</b>	<b>Этап 3. Повреждение файлов БД</b>	<b>9</b>
5.1	Задача	9
5.2	Решение	9
<b>6</b>	<b>Этап 4. Логическое повреждение данных</b>	<b>9</b>
6.1	Задача	9
6.2	Решение	9
<b>7</b>	<b>Вывод</b>	<b>9</b>

## 1 Цель работы и контекст

Цель работы - настроить процедуру периодического резервного копирования базы данных, сконфигурированной в ходе выполнения лабораторной работы №2, а также разработать и отладить сценарии восстановления в случае сбоев.

Узел из предыдущей лабораторной работы используется в качестве основного. Новый узел используется в качестве резервного. Учётные данные для подключения к новому узлу выдаёт преподаватель. В сценариях восстановления необходимо использовать копию данных, полученную на первом этапе данной лабораторной работы.

## 2 Этап 0. Контекст работы

В предыдущей лабораторной работе была создана база данных. Приведу здесь скрипты для ее инициализации.

## 2.1 Переменные окружения

```
1 #!/bin/sh
2
3 export DDB_PG_CONF="."
4 export DDB_PG_USER="postgres0"
5 export DDB_PG_PASS="pleasehelp"
6 export DDB_PG_PASS_FILE="$DDB_PG_CONF/pgpass.txt"
7 export DDB_PG_PORT=9666
8 export DDB_PG_DATABASE=postgres
9
10 export DDB_TABLESPACE_NAME=yqy90
11 export DDB_TABLESPACE_LOCATION="$HOME/$DDB_TABLESPACE_NAME"
12 export DDB_NEW_DATABASE_NAME=lazyorangehair
13 export DDB_NEW_USER=root
14 export DDB_NEW_USER_PASSWORD=rootik
15
16 export PGDATA="$HOME/kop67"
17
18 export DDB_INITDB=/usr/lib/postgresql/14/bin/initdb
19 export DDB_PG_BIN=/usr/lib/postgresql/14/bin/postgres
20 export DDB_PG_BASEBACKUP=/usr/lib/postgresql/14/bin/pg_basebackup
21
22 export DDB_BACKUP_DIR="primary/backup"
23 export DDB_BACKUP_BASE_DIR="$DDB_BACKUP_DIR/base"
24 export DDB_BACKUP_WAL_DIR="$DDB_BACKUP_DIR/wal"
25
26 export DDB_STANDBY_HOST=ddb-standby
```

Листинг 1: Переменные окружения

## 2.2 Конфигурация базы данных

```
1 # $PGDATA/pg_hba.conf (Host-based authentication)
2
3 # TYPE      DATABASE      USER      ADDRESS      METHOD
4 host        all           all       127.0.0.1/32  scram-sha-256 # Permit only localhost
5 host        all           all       ::1/128      scram-sha-256 # Permit only localhost
6 host        replication all       localhost    scram-sha-256 # Permit base backup
```

Листинг 2: Конфигурационный файл pg\_hba.conf

```
1 # $PGDATA/postgresql.conf (PostgreSQL configuration file)
2
3 # Note: Optimized for OLAP load:
4 # 5 users, packet r/w 128MB
5
6 ## CONNECTIONS
7
8 listen_addresses = '127.0.0.1' # Available only from localhost
9 port             = 9666        # For security
10 unix_socket_directories = ''   # Only TCP/IP
11
12 max_connections  = 6 # 5 users + 1 extra
13 superuser_reserved_connections = 3
14
15
16 ## AUTHENTICATION
17
18 authentication_timeout = 20s # Type password faster
19 password_encryption    = scram-sha-256 # Strong password hashing
20
21 ## RESOURCE USAGE
22
23 shared_buffers        = 1024MB # 128MB * (5 + 3) users
24 temp_buffers          = 128MB  # 128MB
25 max_prepared_transactions = 0   # We don't use transactions
26 work_mem              = 256MB   # Expected packet size
27 hash_mem_multiplier   = 1.5    # Smaller hash tables
28 maintenance_work_mem = 64MB    # ?
29 autovacuum_work_mem   = -1
30 max_stack_depth       = 4MB     # Be prepared for complex queries
31
```

```

32 temp_file_limit          = 4GB          # Something is wrong if we reach this
33
34 ## WRITE-AHEAD LOG
35
36 checkpoint_timeout       = 5min
37 fsync                     = off          # Lost data is not critical, as we can recreate
38 synchronous_commit       = off          # Same
39 wal_level                 = replica     # Enable replication
40 wal_compression           = off         # WAL must not be so huge?
41 commit_delay              = 200         # Acceptable to lose 200mc of data
42 effective_cache_size     = 4GB         # OK?
43
44
45 ## REPORTING AND LOGGING
46
47 log_destination          = 'stderr'
48 logging_collector        = off
49 log_directory             = 'log'
50 log_filename              = 'postgresql-%Y-%m-%d_%H%M%S.log'
51 log_min_messages         = warning
52
53 log_connections          = on
54 log_disconnections       = on
55
56 ## Archiving
57
58 archive_mode             = on
59 archive_timeout          = 16s
60 archive_command           = 'ssh -q <STANDBY_HOST> "test ! -e <STANDBY_WAL_DIR>/%f" && scp %p <
    STANDBY_HOST>:~/<STANDBY_WAL_DIR>'

```

Листинг 3: Конфигурационный файл postgresql.conf

## 2.3 Создание .pgpass

```

1 #!/bin/sh
2
3 set -e
4
5 cd "$(dirname "$0")"
6
7 echo "" > ~/.pgpass
8 echo "localhost:$DDB_PG_PORT:*:DDB_PG_USER:DDB_PG_PASS" >> ~/.pgpass
9 echo "localhost:$DDB_PG_PORT:*:DDB_NEW_USER:DDB_NEW_USER_PASSWORD" >> ~/.pgpass
10 chmod 0600 ~/.pgpass

```

Листинг 4: Файл .pgpass

## 2.4 Инициализация базы данных

```

1 #!/bin/sh
2
3 set -e
4
5 cd "$(dirname "$0")"
6
7 mkdir "$PGDATA" 2> /dev/null
8
9 echo "$DDB_PG_PASS" > "$DDB_PG_PASS_FILE"
10
11 "$DDB_INITDB" \
12 --pgdata="$PGDATA" \
13 --locale="ru_RU.CP1251" \
14 --encoding="WIN1251" \
15 --pwfile="$DDB_PG_PASS_FILE"
16
17 cp "$DDB_PG_CONF/pg_hba.conf" "$PGDATA/pg_hba.conf"
18 cp "$DDB_PG_CONF/postgresql.conf" "$PGDATA/postgresql.conf"

```

Листинг 5: Инициализация базы данных

## 2.5 Запуск базы данных

```

1 #!/bin/sh
2
3 set -e
4
5 cd "$(dirname "$0")"
6
7 "$DDB_PGBIN" -D "$PGDATA"

```

Листинг 6: Запуск базы данных

## 2.6 Настройка базы данных

```

1 #!/bin/sh
2
3 set -e
4
5 cd "$(dirname "$0")"
6
7 sql() {
8     psql -h localhost -p "$DDB_PG_PORT" -c "$1" "$DDB_PG_DATABASE"
9 }
10
11 mkdir "$DDB_TABLESPACE_LOCATION" 2>/dev/null
12
13 sql "CREATE TABLESPACE $DDB_TABLESPACE_NAME LOCATION '$DDB_TABLESPACE_LOCATION';"
14 sql "ALTER DATABASE template1 SET TABLESPACE $DDB_TABLESPACE_NAME;"
15 sql "CREATE DATABASE $DDB_NEW_DATABASE_NAME TEMPLATE template1;"
16 sql "CREATE ROLE tester;"
17 sql "CREATE USER $DDB_NEW_USER WITH LOGIN PASSWORD '$DDB_NEW_USER_PASSWORD';"
18 sql "GRANT tester TO $DDB_NEW_USER;"
19
20 sql() {
21     psql -U "$DDB_NEW_USER" -h localhost -p $DDB_PG_PORT -c "$2" "$1"
22 }
23
24 PRV="$DDB_PG_DATABASE"
25 NEW="$DDB_NEW_DATABASE_NAME"
26
27 sql "$PRV" "CREATE TABLE note_prv (id serial PRIMARY KEY, content text NOT NULL);"
28 sql "$NEW" "CREATE TABLE note_new (id serial PRIMARY KEY, content text NOT NULL);"
29
30 sql "$PRV" "INSERT INTO note_prv (content) VALUES ('Note at postgres');"
31 sql "$NEW" "INSERT INTO note_new (content) VALUES ('Note at lazyorangehair');"
32
33 sql "$PRV" "SELECT * FROM note_prv;"
34 sql "$NEW" "SELECT * FROM note_new;"

```

Листинг 7: Настройка базы данных

## 3 Этап 1. Резервное копирование

### 3.1 Задача

- Настроить резервное копирование с основного узла на резервный следующим образом:
  - Первоначальная полная копия + непрерывное архивирование.
  - Включить для СУБД режим архивирования WAL;
  - настроить копирование WAL (scp) на резервный узел;
  - создать первоначальную резервную копию (pg\_basebackup),
  - скопировать на резервный узел (rsync).
- Подсчитать, каков будет объем резервных копий спустя месяц работы системы, исходя из следующих условий:
  - Средний объем новых данных в БД за сутки: 650МБ.
  - Средний объем измененных данных за сутки: 950МБ.
- Проанализировать результаты.

## 3.2 Подготовка секретов

Нам необходимо будет отправлять базовую резервную копию, а так WAL файлы на резервный узел, так что сперва следует сгенерировать и распределить ключи шифрования для безопасной передачи данных между узлами.

```
1 #!/bin/sh
2
3 set -e
4
5 echo "[primary] Generating ssh key..."
6 ssh-keygen -t rsa -f ~/.ssh/id_rsa -N ""
7
8 echo "[primary] Generated ssh key:"
9 cat ~/.ssh/id_rsa.pub
```

Листинг 8: Генерация ключей

Далее я авторизовал публичный ключ primary узла на standby. Теперь можно проверить, что передача данных скорее всего будет работать.

```
1 #!/bin/sh
2
3 set -e
4
5 ssh -q $1 "echo Hello, World!"
```

Листинг 9: Проверка подключения

## 3.3 Конфигурация primary узла для резервного копирования

Включаем архивирование, будем отправлять WAL файлы на standby каждые 16 секунд.

```
1 ## Archiving
2
3 archive_mode = on
4 archive_timeout = 16s
5 archive_command = 'ssh -q <STANDBY_HOST> "test ! -e <STANDBY_WAL_DIR>/%f" && scp %p <
  STANDBY_HOST>:~/<STANDBY_WAL_DIR>'
```

Листинг 10: Ключевые строки в конфигурационном файле

## 3.4 Создание базовой резервной копии

```
1 #!/bin/sh
2
3 set -e
4
5 echo "[primary] Creating base backup..."
6 "$DDB_PGBASEBACKUP" \
7   --host="localhost" \
8   --port="$DDB_PG_PORT" \
9   --pgdata="$HOME/$DDB_BACKUP_BASE_DIR" \
10  --format="tar" \
11  --wal-method="fetch" \
12  --no-password
13
14 echo "[primary] Sending to '$DDB_STANDBY_HOST'..."
15 rsync -ave ssh "$HOME/$DDB_BACKUP_BASE_DIR" $DDB_STANDBY_HOST:~/DDB_BACKUP_DIR
```

Листинг 11: Создание базовой резервной копии

## 3.5 Подготовка standby

```
1 #!/bin/sh
2
3 set -e
4
5 echo "[standby] Preparing..."
6
7 mkdir -p "$HOME/$DDB_BACKUP_WAL_DIR"
```

```
8 mkdir -p "$HOME/$DDB_BACKUP_BASE_DIR"
```

Листинг 12: Подготовка standby

### 3.6 Полная настройка primary узла

```
1 #!/bin/sh
2
3 set -e
4
5 echo "[primary] Creating '.pgpass' file..."
6 sh common/0-pgpass.sh
7
8 echo "[primary] Editing 'postgresql.conf' file..."
9 sh primary/1-config.sh
10
11 echo "[primary] Initializing the database..."
12 sh primary/1-init.sh
13
14 echo "[primary] Starting the database..."
15 sh common/2-start.sh &
16
17 echo "[primary] Waiting the database startup..."
18 sleep 2
19
20 echo "[primary] Settings up the database..."
21 sh primary/3-setup.sh
22
23 echo "[primary] All right!"
```

Листинг 13: Полная настройка primary узла

### 3.7 Действия системного администратора по первоначальной настройке системы

1. Получить конфигурационные файлы системы из репозитория  
<https://github.com/vityaman-edu/ddb-homework/tree/trunk/lab-3>
2. Доставить директории db/common и db/primary на primary узел, разместив их в домашней директории пользователя, от лица которого будет запущена система
3. Доставить директории db/common и db/standby на standby узел, разместив их в домашней директории пользователя, от лица которого будет запущена система
4. На primary узле сгенерировать ключи для primary узла при помощи скрипта common/0-ssh-keygen.sh и авторизовать публичный ключ на узле standby
5. Проверить на primary узле возможность ssh соединения с standby узлом при помощи common/0-ssh-test.sh
6. Подготовить standby узел к резервированию, выполнив на нем source common/0-env.sh && sh standby/1-prepare.sh
7. Запустить primary узел, выполнив на нем source common/0-env.sh && sh common/0-pgpass.sh && sh primary/9-full.sh
8. Создать базовую резервную копию на primary узле и отправить ее на standby узел: sh primary/4-backup.sh
9. Наполнить данными базу данных на primary узле: sh primary/5-fill.sh
10. Убедиться, что базовая резервная копия и WAL файлы доставлены на standby узел

## 4 Этап 2. Потеря основного узла

### 4.1 Задача

Этот сценарий подразумевает полную недоступность основного узла. Необходимо восстановить работу СУБД на РЕЗЕРВНОМ узле, продемонстрировать успешный запуск СУБД и доступность данных.

## 4.2 Восстановление СУБД на резервном узле

Для этого необходимо просто выполнить `source common/0-env.sh && sh standby/2-restore.sh` на `standby` узле, предварительно убедившись, что в директории `primary/backup/base` находятся файлы базовой резервной копии, а в директории `primary/backup/wal` есть WAL сегменты.

```
1 #!/bin/sh
2
3 set -e
4
5 mkdir -p $PGDATA
6 chmod 0700 $PGDATA
7
8 echo "[standby] Extracting base backup..."
9 tar \
10 --extract \
11 -f "$HOME/$DDB_BACKUP_BASE_DIR/base.tar" \
12 --directory=$PGDATA
13
14 echo "[standby] Restoring tablespaces..."
15 while read -r line; do
16     TABLESPACE_OID=$(echo $line | awk '{print $1}')
17     TABLESPACE_DIR=$(echo $line | awk '{print $2}')
18     echo "[standby][$TABLESPACE_OID] Restoring tablespace..."
19
20     echo "[standby][$TABLESPACE_OID] Directory: $TABLESPACE_DIR"
21     mkdir -p $TABLESPACE_DIR
22
23     echo "[standby][$TABLESPACE_OID] Extracting..."
24     tar --extract \
25         -f $HOME/$DDB_BACKUP_BASE_DIR/$TABLESPACE_OID.tar \
26         --directory=$TABLESPACE_DIR
27
28     echo "[standby][$TABLESPACE_OID] Creating symbolic link..."
29     ln -s $TABLESPACE_DIR $PGDATA/pg_tblspc/$TABLESPACE_OID
30 done < $PGDATA/tablespace_map
31
32 echo "[standby] Removing 'tablespace_map'..."
33 rm $PGDATA/tablespace_map
34
35 # Patching is used as we need to change values depending on env variables
36 echo "[standby] Patching postgresql.conf: add 'restore_command'..."
37 RESTORE_CMD="restore_command = 'cp $HOME/$DDB_BACKUP_WAL_DIR/%f %p'"
38 echo "\n$RESTORE_CMD\n" >> $PGDATA/postgresql.conf
39
40 echo "[standby] Patching postgresql.conf: disable archive..."
41 sed -i -e "s+archive_mode+#archive_mode+g" $PGDATA/postgresql.conf
42
43 echo "[standby] Signalling of recovery..."
44 touch $PGDATA/recovery.signal
45
46 echo "[standby] Is ready for startup!"
```

Листинг 14: Восстановление СУБД на резервном узле

## 4.3 Действия на primary узле

```
1 postgres002d09031f584d:~$ history
2 1  ls
3 2  source common/0-env.sh
4 3  sh common/0-ssh-keygen.sh
5 4  sh common/0-ssh-test.sh ddb-standby
6 5  sh common/0-pgpass.sh
7 6  sh primary/9-full.sh
8 7  sh primary/4-backup.sh
9 8  sh primary/5-fill.sh
10 9  history
```

Листинг 15: Действия на primary узле



## 4.4 Действия на standby узле

```
1 postgres0@c33884c20d42:~$ history
2 2 ls
3 3 source common/0-env.sh
4 4 vim .ssh/authorized_keys
5 5 sh standby/1-prepare.sh
6 6 ls
7 7 ls primary/backup/base/
8 8 ls primary/backup/wal/
9 9 ls primary/backup/base
10 10 ls primary/backup/wal/
11 11 sh standby/2-restore.sh
12 12 sh common/2-start.sh
13 13 bg
14 14 history
```

Листинг 16: Действия на standby узле

```
1 postgres0@c33884c20d42:~$ sh common/2-start.sh
2 2024-05-28 08:56:18.375 GMT [1088] LOG: starting PostgreSQL 14.12 (Ubuntu 14.12-1.
pgdg20.04+1) on x86_64-pc-linux-gnu, compiled by gcc (Ubuntu 9.4.0-1ubuntu1~20.04.2)
9.4.0, 64-bit
3 2024-05-28 08:56:18.375 GMT [1088] LOG: listening on IPv4 address "127.0.0.1", port
9666
4 2024-05-28 08:56:18.378 GMT [1089] LOG: database system was interrupted; last known up
at 2024-05-28 08:50:55 GMT
5 cp: cannot stat '/home/postgres0/primary/backup/wal/00000002.history': No such file or
directory
6 2024-05-28 08:56:18.381 GMT [1089] LOG: starting archive recovery
7 2024-05-28 08:56:18.392 GMT [1089] LOG: restored log file "000000010000000000000002"
from archive
8 2024-05-28 08:56:18.396 GMT [1089] LOG: redo starts at 0/2000028
9 2024-05-28 08:56:18.396 GMT [1089] LOG: consistent recovery state reached at 0/2000138
10 2024-05-28 08:56:18.397 GMT [1088] LOG: database system is ready to accept read-only
connections
11 2024-05-28 08:56:18.406 GMT [1089] LOG: restored log file "000000010000000000000003"
from archive
12 2024-05-28 08:56:18.417 GMT [1089] LOG: restored log file "000000010000000000000004"
from archive
13 cp: cannot stat '/home/postgres0/primary/backup/wal/000000010000000000000005': No such
file or directory
14 2024-05-28 08:56:18.420 GMT [1089] LOG: redo done at 0/4000148 system usage: CPU: user:
0.00 s, system: 0.00 s, elapsed: 0.02 s
15 2024-05-28 08:56:18.420 GMT [1089] LOG: last completed transaction was at log time
2024-05-28 08:51:07.961265+00
16 2024-05-28 08:56:18.430 GMT [1089] LOG: restored log file "000000010000000000000004"
from archive
17 cp: cannot stat '/home/postgres0/primary/backup/wal/00000002.history': No such file or
directory
18 2024-05-28 08:56:18.435 GMT [1089] LOG: selected new timeline ID: 2
19 2024-05-28 08:56:18.441 GMT [1089] LOG: archive recovery complete
20 cp: cannot stat '/home/postgres0/primary/backup/wal/00000001.history': No such file or
directory
21 2024-05-28 08:56:18.450 GMT [1088] LOG: database system is ready to accept connections
```

Листинг 17: Вывод postgres при старте

```
1 $ psql -U "$DDB_PG_USER" -h localhost -p $DDB_PG_PORT -d postgres
2 postgres=# select * from note_prv;
3 id | content
4 ----+-----
5 1 | Note at postgres
6 2 | Another note at postgres
7 (2 rows)
8
9 $ psql -U "$DDB_PG_USER" -h localhost -p $DDB_PG_PORT -d lazyorangehair
10 lazyorangehair=# select * from note_new;
11 id | content
12 ----+-----
13 1 | Note at lazyorangehair
14 2 | Another note at lazyorangehair
```

### Листинг 18: Состояние СУБД на standby узле

Как мы видим, в базе данных сохранились не только данные с базовой копии, но и подтянулись изменения из WAL сегментов.

## 5 Этап 3. Повреждение файлов БД

### 5.1 Задача

Этот сценарий подразумевает потерю данных (например, в результате сбоя диска или файловой системы) при сохранении доступности основного узла. Необходимо выполнить полное восстановление данных из резервной копии и перезапустить СУБД на ОСНОВНОМ узле.

Ход работы:

1. Симулировать сбой: удалить с диска директорию любой таблицы со всем содержимым.
2. Проверить работу СУБД, доступность данных, перезапустить СУБД, проанализировать результаты.
3. Выполнить восстановление данных из резервной копии, учитывая следующее условие: исходное расположение дополнительных табличных пространств недоступно - разместить в другой директории и скорректировать конфигурацию.
4. Запустить СУБД, проверить работу и доступность данных, проанализировать результаты.

### 5.2 Решение

TODO

## 6 Этап 4. Логическое повреждение данных

### 6.1 Задача

Этот сценарий подразумевает частичную потерю данных (в результате нежелательной или ошибочной операции) при сохранении доступности основного узла. Необходимо выполнить восстановление данных на ОСНОВНОМ узле следующим способом:

Генерация файла на резервном узле с помощью `pg_dump` и последующее применение файла на основном узле.

Ход работы:

1. В каждую таблицу базы добавить 2-3 новые строки, зафиксировать результат.
2. Зафиксировать время и симулировать ошибку: в любой таблице с внешними ключами подменить значения ключей на случайные (`INSERT`, `UPDATE`)
3. Продемонстрировать результат.
4. Выполнить восстановление данных указанным способом.
5. Продемонстрировать и проанализировать результат.

### 6.2 Решение

TODO

## 7 Вывод

Данная лабораторная работа помогла мне изучить конфигурацию PostgreSQL.

## Список литературы

- [1] PostgreSQL Documentation: сайт. - 2024. - URL: <https://www.postgresql.org/docs/14/index.html> (дата обращения: 06.04.2024) - Текст : электронный.