Авторы: Егор Рогов, Павел Лузанов, Илья Баштанов

Обратная связь
Отзывы, замечания и предложения направляйте по адресу:
edu@postgrespro.ru

Темы

Базы данных и шаблоны

Схемы и путь поиска

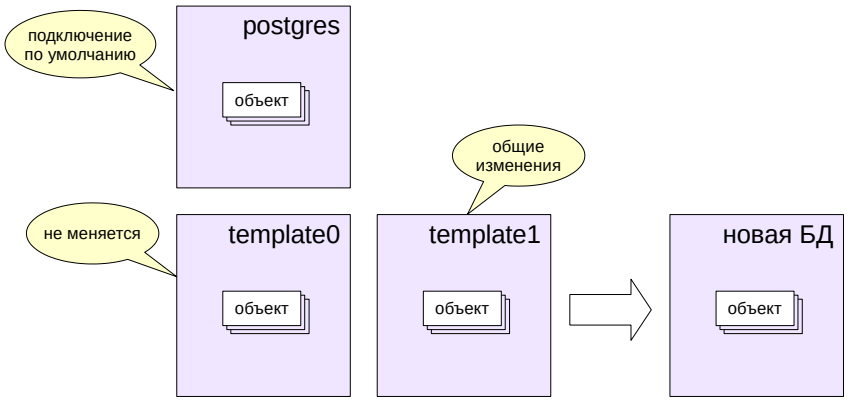
Специальные схемы, временные объекты

Управление базами, схемами и объектами в них

Кластер баз данных

Инициализация кластера создает три базы данных

Новая база всегда клонируется из существующей



Экземпляр PostgreSQL управляет несколькими базами данных — кластером. При инициализации кластера специальным образом (https://postgrespro.ru/docs/postgresql/13/bki) создаются три одинаковые базы данных. Все остальные БД, создаваемые пользователем, клонируются из какой-либо существующей.

Шаблон template1 используется по умолчанию для создания новых БД. В него можно добавить объекты и расширения, которые будут копироваться в каждую новую базу данных.

Шаблон template0 не должен изменяться. Он нужен как минимум в двух ситуациях. Во-первых, для восстановления БД из резервной копии, выполненной pg_dump (так как в эту копию попадут не только объекты данной БД, но и объекты, установленные в template1). Во-вторых, при создании новой БД с кодировкой, отличной от указанной при инициализации кластера.

База данных postgres используется при подключении по умолчанию пользователем postgres. Она не является обязательной, но некоторые утилиты предполагают ее наличие, поэтому ее не рекомендуется удалять, даже если она не нужна.

https://postgrespro.ru/docs/postgresql/13/manage-ag-templatedbs.html

Базы данных

Список имеющихся баз показывает команда \l[ist]:

```
=> \l
```

```
                                 List of databases
   Name    |  Owner   | Encoding |   Collate   |    Ctype    |   Access privileges
-----------+----------+----------+-------------+-------------+-----------------------
 postgres  | postgres | UTF8     | en_US.UTF-8 | en_US.UTF-8 |
 student   | student  | UTF8     | en_US.UTF-8 | en_US.UTF-8 |
 template0 | postgres | UTF8     | en_US.UTF-8 | en_US.UTF-8 | =c/postgres          +
           |          |          |             |             | postgres=CTc/postgres
 template1 | postgres | UTF8     | en_US.UTF-8 | en_US.UTF-8 | =c/postgres          +
           |          |          |             |             | postgres=CTc/postgres
(4 rows)
```

В списке присутствует четвертая база данных student, которая не создается при инициализации кластера. Она была создана для целей курса, чтобы при запуске psql не указывать базу данных: ведь по умолчанию используется база данных с таким же именем, как и пользователь ОС.

Список баз данных можно посмотреть и в самой базе данных:

```
=> SELECT datname, datistemplate, datallowconn, datconnlimit FROM pg_database;
```

```
  datname  | datistemplate | datallowconn | datconnlimit
-----------+---------------+--------------+--------------
 postgres  | f             | t            |           -1
 student   | f             | t            |           -1
 template1 | t             | t            |           -1
 template0 | t             | f            |           -1
(4 rows)
```

- datistemplate — является ли база данных шаблоном;
- datallowconn — разрешены ли соединения с базой данных;
- datconnlimit — максимальное количество соединений (-1 = без ограничений).

Создание базы из шаблона

Подключимся к шаблонной базе template1:

```
=> \c template1
```

```
You are now connected to database "template1" as user "student".
```

Проверим, доступна ли функция digest, вычисляющая хеш-код текстовой строки:

```
=> SELECT digest('Hello, world!', 'md5');
```

```
ERROR:  function digest(unknown, unknown) does not exist
LINE 1: SELECT digest('Hello, world!', 'md5');
               ^
HINT:  No function matches the given name and argument types. You might need to add explicit type casts.
```

Такой функции нет.

На самом деле digest определена в пакете pgcrypto. Установим его:

```
=> CREATE EXTENSION pgcrypto;
```

```
CREATE EXTENSION
```

Если бы мы собирали сервер из исходных кодов и не установили расширение pgcrypto командой make install, мы получили бы ошибку "ERROR: could not open extension control file...".

Теперь нам доступны функции, входящие в расширение pgcrypto. Например, можно вычислить MD5-дайджест:

```
=> SELECT digest('Hello, world!', 'md5');
```

```
               digest
-----------------------------------
 \x6cd3556deb0da54bca060b4c39479839
(1 row)
```

Чтобы шаблон можно было использовать для создания базы, к нему не должно быть активных подключений, поэтому отключимся от базы template1.

```
=> \c student
```

```
You are now connected to database "student" as user "student".
```

Для создания новой базы данных служит команда CREATE DATABASE:

```
=> CREATE DATABASE db;
```

```
CREATE DATABASE
```

```
=> \c db
```

```
You are now connected to database "db" as user "student".
```

Базу данных можно создать и из операционной системы утилитой createdb.

```
=> SELECT datname, datistemplate, datallowconn, datconnlimit FROM pg_database;
```

```
  datname  | datistemplate | datallowconn | datconnlimit
-----------+---------------+--------------+--------------
 postgres  | f             | t            |           -1
 student   | f             | t            |           -1
 template1 | t             | t            |           -1
 template0 | t             | f            |           -1
 db        | f             | t            |           -1
(5 rows)
```

Поскольку по умолчанию для создания используется шаблон template1, в новой базе также будут доступны функции пакета pgcrypto:

```
=> SELECT digest('Hello, world!', 'md5');
```

```
               digest
-----------------------------------
 \x6cd3556deb0da54bca060b4c39479839
(1 row)
```

Управление базами данных

Созданную базу данных можно переименовать (к ней не должно быть подключений):

```
=> \c student
```

```
You are now connected to database "student" as user "student".
```

```
=> ALTER DATABASE db RENAME TO appdb;
```

```
ALTER DATABASE
```

```
=> SELECT datname, datistemplate, datallowconn, datconnlimit FROM pg_database;
```

```
  datname  | datistemplate | datallowconn | datconnlimit
-----------+---------------+--------------+--------------
 postgres  | f             | t            |           -1
 student   | f             | t            |           -1
 template1 | t             | t            |           -1
 template0 | t             | f            |           -1
 appdb     | f             | t            |           -1
(5 rows)
```

Можно изменить и другие параметры, например, ограничить количество подключений:

```
=> ALTER DATABASE appdb CONNECTION LIMIT 10;
```

```
ALTER DATABASE
```

```
=> SELECT datname, datistemplate, datallowconn, datconnlimit FROM pg_database;
```

```
  datname  | datistemplate | datallowconn | datconnlimit
-----------+---------------+--------------+--------------
 postgres  | f             | t            |           -1
 student   | f             | t            |           -1
 template1 | t             | t            |           -1
 template0 | t             | f            |           -1
 appdb     | f             | t            |           10
(5 rows)
```

Размер базы данных

Размер базы данных можно узнать с помощью функции:

```
=> SELECT pg_database_size('appdb');
```

```
 pg_database_size
------------------
          8131119
(1 row)
```

Чтобы не считать разряды, можно вывести размер в читаемом виде:

```
=> SELECT pg_size_pretty(pg_database_size('appdb'));
```

```
 pg_size_pretty
----------------
 7941 kB
(1 row)
```

В этой базе данных еще нет пользовательских объектов (кроме расширения pgcrypto); фактически, это размер «пустой» базы.

Схемы

Пространство имен для объектов внутри базы данных

- каждый объект принадлежит какой-либо схеме

Задачи

- разделение объектов на логические группы
- предотвращение конфликта имен между приложениями

Схема и пользователь — разные сущности

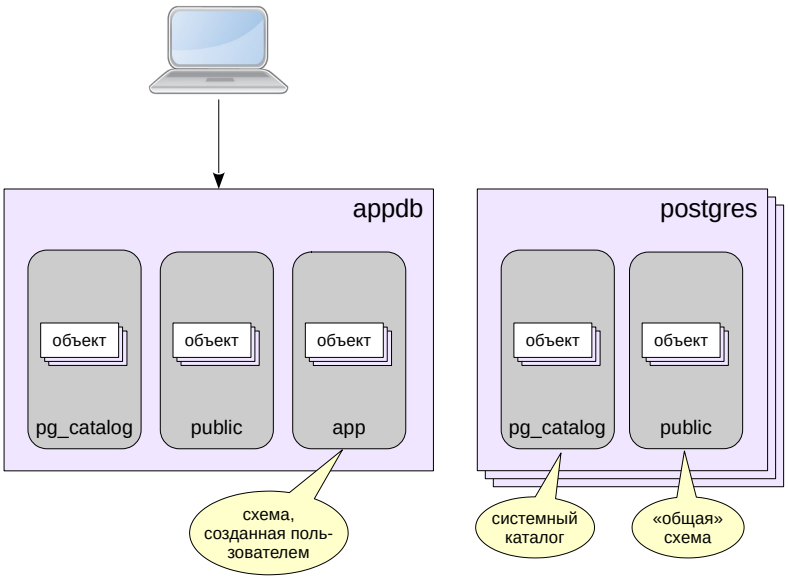
Схемы представляет собой пространства имен для объектов БД. Они позволяют разделить объекты на логические группы для управления ими, предотвратить конфликты имен при работе нескольких пользователей или при установке приложений.

Каждый объект, существующий в базе данных, принадлежит какой-либо схеме.

В PostgreSQL схема и пользователь — разные сущности (хотя настройки по умолчанию позволяют пользователям удобно работать с одноименными схемами).

https://postgrespro.ru/docs/postgresql/13/ddl-schemas.html

Базы и схемы кластера



Кластер состоит из баз данных; база содержит различные схемы, по которым, в свою очередь, распределены объекты.

Есть некоторое количество стандартных схем, которые существуют в любой базе данных. Кроме того, пользователь может создавать свои собственные схемы.

Клиент подключается одновременно только к одной базе данных, но в этой базе может работать с объектами в любых схемах.

Схемы

```
=> \c appdb
```

```
You are now connected to database "appdb" as user "student".
```

Список схем можно узнать командой psql (dn = describe namespace):

```
=> \dn
```

```
  List of schemas
  Name  |  Owner
--------+----------
 public | postgres
(1 row)
```

Создадим новую схему:

```
=> CREATE SCHEMA app;
```

```
CREATE SCHEMA
```

```
=> \dn
```

```
  List of schemas
  Name  |  Owner
--------+----------
 app    | student
 public | postgres
(2 rows)
```

Теперь создадим таблицу — по умолчанию она будет создана в схеме public:

```
=> CREATE TABLE t(s text);
```

```
CREATE TABLE
```

```
=> INSERT INTO t VALUES ('Я - таблица t');
```

```
INSERT 0 1
```

Список таблиц можно получить командой \dt:

```
=> \dt
```

```
        List of relations
 Schema | Name | Type  |  Owner
--------+------+-------+---------
 public | t    | table | student
(1 row)
```

Объект можно перемещать между схемами. Поскольку речь идет о логической организации, перемещение происходит только в системном каталоге; сами данные физически остаются на месте.

```
=> ALTER TABLE t SET SCHEMA app;
```

```
ALTER TABLE
```

Теперь к таблице t можно обращаться с явным указанием схемы:

```
=> SELECT * FROM app.t;
```

```
       s
---------------
 Я - таблица t
(1 row)
```

Но если опустить имя схемы, таблица не будет найдена:

```
=> SELECT * FROM t;
```

```
ERROR:  relation "t" does not exist
LINE 1: SELECT * FROM t;
                      ^
```

Как же работать с объектами, располагающимися в разных схемах?

Путь поиска

Определение схемы объекта

- квалифицированное имя (*схема*.*имя*) явно определяет схему
- имя без квалификатора проверяется в схемах, указанных в пути поиска

Путь поиска

- определяется параметром *search_path*
- исключаются несуществующие схемы и схемы, к которым нет доступа; подставляются неявно подразумеваемые схемы
- реальное значение показывает функция current_schemas
- первая явно указанная в пути схема используется для создания объектов

При указании объекта надо определить, о какой схеме идет речь, поскольку в разных схемах могут храниться одноименные объекты.

Если имя объекта квалифицировано именем схемы, то все просто — используется явно указанная схема (как на рисунке на предыдущем слайде). Если имя использовано без квалификатора, PostgreSQL пытается найти имя в одной из схем, перечисленных в пути поиска, который определяется конфигурационным параметром *search_path*.

Реальный путь поиска может отличаться от значения параметра *search_path*. Из указанного пути исключаются несуществующие схемы, а также схемы, к которым у пользователя нет доступа (этому вопросу посвящен модуль «Разграничение доступа»). Кроме того, в начало пути поиска неявно добавляются некоторые специальные схемы.

Реальный путь поиска, включая неявные схемы, возвращает вызов функции current_schemas(true). Схемы перебираются в указанном в пути поиска порядке, слева направо. Если в схеме нет объекта с нужным именем, поиск продолжается в следующей схеме.

При создании нового объекта с именем без квалификатора он попадает в первую явно указанную в пути схему.

Можно провести аналогию между путем поиска *search_path* и путем PATH в операционных системах.

https://postgrespro.ru/docs/postgresql/13/ddl-schemas#DDL-SCHEMAS-PATH

https://postgrespro.ru/docs/postgresql/13/runtime-config-client.html#GUC-SEARCH-PATH

Специальные схемы

Схема public

- по умолчанию входит в путь поиска
- если ничего не менять, все объекты будут в этой схеме

Схема, совпадающая по имени с пользователем

- по умолчанию входит в путь поиска, но не существует
- если создать, объекты пользователя будут в этой схеме

Схема pg_catalog

- схема для объектов системного каталога
- если pg_catalog нет в пути, она неявно подразумевается первой

Существует несколько специальных схем, обычно присутствующих в каждой базе данных.

Схема public используется по умолчанию для хранения объектов, если не выполнены иные настройки.

Схема pg_catalog хранит объекты *системного каталога*. Системный каталог — это метаинформация об объектах, принадлежащих кластеру, которая хранится в самом кластере в виде таблиц. Альтернативное представление системного каталога (определенное в стандарте SQL) дает схема information_schema.

В схеме pg_catalog находятся объекты системного каталога (в частности, таблицы pg_*).

Если не указать в пути поиска pg_catalog, эта схема будет проверяться первой, чтобы системные объекты были видимы (но после pg_temp).

Путь поиска

Разберемся, почему новая таблица создается в схеме public. Для этого надо посмотреть на путь поиска:

```
=> SHOW search_path;
```

```
   search_path
-----------------
 "$user", public
(1 row)
```

Конструкция "$user" обозначает схему с тем же именем, что и имя текущего пользователя (в нашем случае — student). Поскольку такой схемы нет, она игнорируется, и таблица создается в схеме public.

Чтобы не думать над тем, какие схемы существуют, каких нет, и какие не указаны явно, можно воспользоваться следующей функцией:

```
=> SELECT current_schemas(true);
```

```
   current_schemas
---------------------
 {pg_catalog,public}
(1 row)
```

Установим путь поиска, например, так:

```
=> SET search_path = public, app;
```

```
SET
```

Теперь таблица t будет найдена:

```
=> SELECT * FROM t;
```

```
       s
---------------
 Я - таблица t
(1 row)
```

Здесь мы установили конфигурационный параметр на уровне сеанса (при переподключении значение пропадет). Устанавливать такое значение на уровне всего кластера тоже не правильно — возможно, этот путь нужен не всегда и не всем.

Но параметр можно установить и на уровне отдельной базы данных:

```
=> ALTER DATABASE appdb SET search_path = public, app;
```

```
ALTER DATABASE
```

Теперь он будет устанавливаться для всех новых подключений к базе appdb. Проверим:

```
=> \c appdb
```

```
You are now connected to database "appdb" as user "student".
```

```
=> SHOW search_path;
```

```
 search_path
-------------
 public, app
(1 row)
```

```
=> SELECT current_schemas(true);
```

```
     current_schemas
-------------------------
 {pg_catalog,public,app}
(1 row)
```

Специальные схемы

Временные таблицы

существуют на время сеанса или транзакции

не журналируются (невозможно восстановление после сбоя)

не попадают в общий буферный кеш

Схема pg_temp_*N*

автоматически создается для временных таблиц

pg_temp — ссылка на конкретную временную схему данного сеанса

если pg_temp нет в пути, она неявно подразумевается *самой* первой

по окончании сеанса все объекты временной схемы удаляются,
а сама схема остается и повторно используется для других сеансов

PostgreSQL умеет работать с временными таблицами. Такие таблицы предназначены для хранения данных, которые должны быть доступны только текущему сеансу (и только на время его жизни, или даже на время текущей транзакции).

Временные таблицы являются нежурналируемыми. Это означает, что в случае сбоя таблица не может быть восстановлена с помощью журнала. Вместо этого будет очищена. Кроме того, страницы таких таблиц не попадают в общий буферный кеш — работа с ними ведется во внутренней памяти обслуживающего процесса. Благодаря этому, работа с временной таблицей происходит несколько более эффективно, чем с обычной.

Временные таблицы организованы с помощью схем. Для сеанса создается временная схема с именем pg_temp_*N* (pg_temp_1, pg_temp_2 и т. п.). Обращаться к ней нужно по имени pg_temp (без номера) — для каждого сеанса это имя ссылается на конкретную временную схему.

Если pg_temp нет в пути, то эта схема просматривается перед всеми остальными. При желании можно указать схему pg_temp (как и pg_catalog) явно на нужном месте.

После окончания сеанса все объекты временной схемы удаляются, а сама схема остается для повторного использования.

Есть и другие специальные схемы; они носят более технический характер.

Временные таблицы и pg_temp

Создадим временную таблицу:

```
=> CREATE TEMP TABLE t(s text);

CREATE TABLE

=> \dt

         List of relations
  Schema   | Name | Type  |  Owner
-----------+------+-------+---------
 pg_temp_3 | t    | table | student
(1 row)
```

Таблица создана в специальной схеме. Каждому сеансу выделяется отдельная «временная» схема, так что он может видеть только свои собственные временные таблицы.

Но куда пропала из списка обычная таблица t?

Ответ дает развернутый путь поиска: в него теперь подставлена временная схема, и объект в ней «перекрывает» одноименный объект схемы app.

```
=> SELECT current_schemas(true);

          current_schemas
-----------------------------------
 {pg_temp_3,pg_catalog,public,app}
(1 row)


=> INSERT INTO t VALUES ('Я - временная таблица');

INSERT 0 1
```

Тем не менее, к каждой из таблиц можно обращаться с явным указанием схемы. Для временной таблицы надо использовать псевдосхему pg_temp — она автоматически отображается в нужную схему pg_temp_N:

```
=> SELECT * FROM app.t;

       s
---------------
 Я - таблица t
(1 row)


=> SELECT * FROM pg_temp.t;

           s
----------------------
 Я - временная таблица
(1 row)
```

В принципе, во временной схеме можно создавать не только таблицы.

```
=> CREATE VIEW v AS SELECT * FROM pg_temp.t;

NOTICE:  view "v" will be a temporary view
CREATE VIEW
```

Временные таблицы и данные в них могут иметь различные сроки жизни (в зависимости от указания ON COMMIT DELETE, PRESERVE или DROP). В любом случае при переподключении все объекты во временной схеме уничтожаются:

```
=> \c appdb

You are now connected to database "appdb" as user "student".

=> SELECT current_schemas(true);

     current_schemas
-------------------------
 {pg_catalog,public,app}
(1 row)


=> SELECT * FROM pg_temp.v;
```

```
ERROR:  relation "pg_temp.v" does not exist
LINE 1: SELECT * FROM pg_temp.v;
                      ^
```

```
=> SELECT * FROM pg_temp.t;
```

```
ERROR:  relation "pg_temp.t" does not exist
LINE 1: SELECT * FROM pg_temp.t;
                      ^
```

Удаление объектов

Схему нельзя удалить, если в ней находятся какие-либо объекты:

```
=> DROP SCHEMA app;
```

```
ERROR:  cannot drop schema app because other objects depend on it
DETAIL:  table t depends on schema app
HINT:  Use DROP ... CASCADE to drop the dependent objects too.
```

Но можно удалить схему вместе со всеми ее объектами:

```
=> DROP SCHEMA app CASCADE;
```

```
NOTICE:  drop cascades to table t
DROP SCHEMA
```

Если база данных больше не нужна, ее также можно удалить.

```
=> \conninfo
```

```
You are connected to database "appdb" as user "student" via socket in "/var/run/postgresql" at port "5432".
```

```
=> \c student
```

```
You are now connected to database "student" as user "student".
```

```
=> DROP DATABASE appdb;
```

```
DROP DATABASE
```

Итоги

Логически

кластер содержит базы данных,
базы данных — схемы,
схемы — конкретные объекты (таблицы, индексы и т. п.)

Базы данных создаются клонированием существующих

Схема указывается явно или определяется по пути поиска

Некоторые схемы имеют специальное назначение

Практика

1. Создайте новую базу данных и подключитесь к ней.
2. Проверьте размер созданной базы данных.
3. Создайте две схемы: app и названную так же, как и пользователь.

   Создайте несколько таблиц в обеих схемах и наполните их какими-нибудь данными.
4. Проверьте, на сколько увеличился размер базы данных.
5. Установите путь поиска так, чтобы при подключении к БД таблицы из обеих схем были доступны по неквалифицированному имени; приоритет должна иметь «пользовательская» схема.

1. База данных

```
=> CREATE DATABASE data_databases;

CREATE DATABASE

=> \c data_databases

You are now connected to database "data_databases" as user "student".
```

2. Размер БД

```
=> SELECT pg_size_pretty(pg_database_size('data_databases'));

 pg_size_pretty
----------------
 7941 kB
(1 row)
```

Запомним значение в переменной psql:

```
=> SELECT pg_database_size('data_databases') AS oldsize \gset
```

3. Схемы и таблицы

```
=> CREATE SCHEMA app;

CREATE SCHEMA

=> CREATE SCHEMA student;

CREATE SCHEMA
```

Таблицы для схемы student:

```
=> CREATE TABLE a(s text);

CREATE TABLE

=> INSERT INTO a VALUES ('student');

INSERT 0 1

=> CREATE TABLE b(s text);

CREATE TABLE

=> INSERT INTO b VALUES ('student');

INSERT 0 1
```

Таблицы для схемы app:

```
=> CREATE TABLE app.a(s text);

CREATE TABLE

=> INSERT INTO app.a VALUES ('app');

INSERT 0 1

=> CREATE TABLE app.c(s text);

CREATE TABLE

=> INSERT INTO app.c VALUES ('app');

INSERT 0 1
```

4. Изменение размера БД

```
=> SELECT pg_size_pretty(pg_database_size('data_databases'));

 pg_size_pretty
----------------
 8029 kB
(1 row)
```

```
=> SELECT pg_database_size('data_databases') AS newsize \gset
```

Размер изменился на:

```
=> SELECT pg_size_pretty(:newsize::bigint - :oldsize::bigint);

 pg_size_pretty
----------------
 88 kB
(1 row)
```

5. Путь поиска

С текущими настройками пути поиска видны таблицы только схемы student:

```
=> SELECT * FROM a;

    s
---------
 student
(1 row)


=> SELECT * FROM b;

    s
---------
 student
(1 row)


=> SELECT * FROM c;

ERROR:  relation "c" does not exist
LINE 1: SELECT * FROM c;
                      ^
```

Изменим путь поиска:

```
=> ALTER DATABASE data_databases SET search_path = "$user",app,public;

ALTER DATABASE

=> \c

You are now connected to database "data_databases" as user "student".

=> SHOW search_path;

     search_path
----------------------
 "$user", app, public
(1 row)
```

Теперь видны таблицы из обеих схем, но приоритет остается за student:

```
=> SELECT * FROM a;

    s
---------
 student
(1 row)


=> SELECT * FROM b;

    s
---------
 student
(1 row)


=> SELECT * FROM c;

  s
-----
 app
(1 row)
```

Практика+

1. Создайте базу данных. Для всех сеансов этой базы данных установите значение параметра *temp_buffers*, в четыре раза превышающее значение по умолчанию.

1. Используйте команду ALTER DATABASE ... SET

https://postgrespro.ru/docs/postgresql/13/sql-alterdatabase

Подробнее о параметре *temp_buffers*:

https://postgrespro.ru/docs/postgresql/13/runtime-config-resource#GUC-TEMP-BUFFERS

1. Установка temp_buffers

```
=> CREATE DATABASE data_databases;

CREATE DATABASE

=> \c data_databases

You are now connected to database "data_databases" as user "student".
```

Параметр temp_buffers определяет объем памяти, выделяемый в каждом сеансе под локальный кеш для временных таблиц. Если данные временных таблиц не помещаются в temp_buffers, страницы вытесняются, как это происходит в обычном буферном кеше. Недостаточное значение может привести к деградации производительности при активном использовании временных таблиц.

Значение по умолчанию для temp_buffers составляет 8 Мбайт:

```
=> SELECT name, setting, unit, boot_val, reset_val
FROM pg_settings
WHERE name = 'temp_buffers' \gx

-[ RECORD 1 ]-----------
name      | temp_buffers
setting   | 1024
unit      | 8kB
boot_val  | 1024
reset_val | 1024
```

Установим для всех новых сеансов базы данных значение 32 Мбайта:

```
=> ALTER DATABASE data_databases SET temp_buffers = '32MB';

ALTER DATABASE

=> \c

You are now connected to database "data_databases" as user "student".

=> SHOW temp_buffers;

 temp_buffers
--------------
 32MB
(1 row)
```

Настройки, сделанные командой ALTER DATABASE, сохраняются в таблице pg_db_role_setting. Их можно посмотреть в psql следующей командой:

```
=> \drds

             List of settings
 Role |    Database    |     Settings
------+----------------+-------------------
      | data_databases | temp_buffers=32MB
(1 row)
```

Конечно, параметр temp_buffers не обязательно настраивать на уровне базы данных. Например, его можно настроить в postgresql.conf для всего кластера.