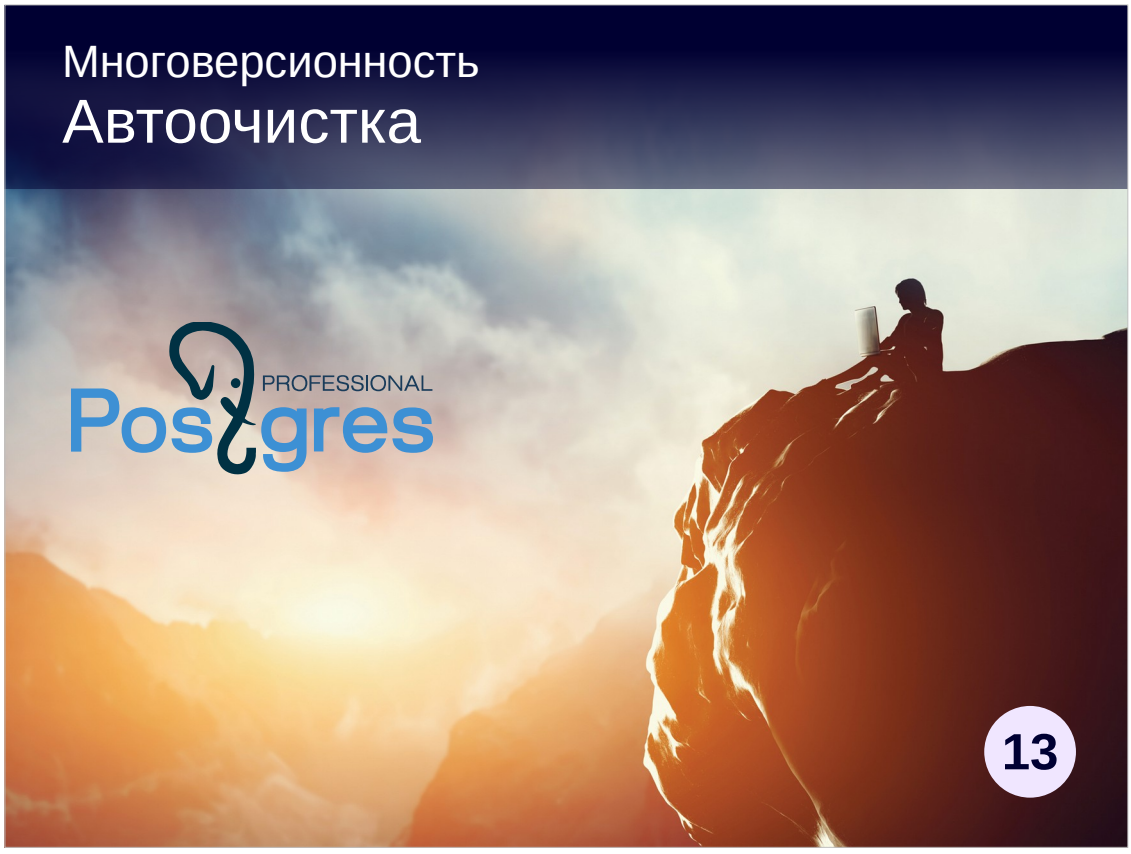


Авторы: Егор Рогов, Павел Лузанов, Илья Баштанов

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

Темы

Автоматическая очистка (autovacuum)

Автоанализ

Настройка процесса автоочистки

Автоматическая очистка

Работает аналогично обычной очистке

Выполняется периодически

- для таблиц с определенным количеством изменений
- в том числе для toast-таблиц

Процесс autovacuum launcher

- постоянно запущен
- планирует запуск рабочих процессов

Процессы autovacuum worker

- запускаются процессом postmaster по просьбе autovacuum launcher
- подключаются к заданной БД, перебирают и очищают таблицы

Автоматическая очистка — механизм, позволяющий запускать обычную очистку в определенные моменты времени, в зависимости от количества изменений в таблицах. Это удобнее и правильнее, чем запуск по расписанию (cron), поскольку учитывает динамику системы.

При включенной автоочистке в системе всегда присутствует процесс autovacuum launcher, который занимается планированием работы. Реальную очистку выполняют процессы autovacuum worker, несколько экземпляров которых могут работать параллельно.

Процессы autovacuum worker запускаются процессом postmaste по просьбе autovacuum launcher (поскольку именно postmaster отвечает за порождение всех новых процессов).

https://postgrespro.ru/docs/postgresql/13/routine-vacuuming#AUTOVACUUM

Autovacuum launcher

Периодически запускает рабочий процесс
в каждую активную базу данных

- раз в *autovacuum_naptime*
- над одной базой могут работать несколько процессов
- общее количество рабочих процессов ≤ *autovacuum_max_workers*

Настройки

autovacuum = on
track_counts = on
} должны быть включены оба

autovacuum_naptime = 60 s
autovacuum_max_workers = 3 ?

Процесс autovacuum launcher составляет список баз данных, в которых есть какая-либо активность (точнее, для которых собирается статистика использования).

Новый рабочий процесс запускается раз в *autovacuum_naptime* для каждой базы данных из списка (то есть при наличии *N* баз процессы будут порождаться в *N* раз чаще). Если за время *autovacuum_naptime* рабочий процесс не успел очистить всю базу данных, в ту же базу будет направлен другой рабочий процесс, и они будут работать вместе. Общее количество рабочих процессов ограничено параметром *autovacuum_max_workers*.

Чтобы автоматическая очистка в принципе работала, должны быть установлены параметры *autovacuum* и *track_counts*. Последний включает сбор статистики использования.

Autovacuum worker

Составляет список объектов базы данных для очистки

число ненужных версий строк превышает
autovacuum_vacuum_threshold +
+ *autovacuum_vacuum_scale_factor* × *число строк в таблице*

число строк, вставленных с момента последней очистки, превышает
autovacuum_vacuum_insert_threshold +
+ *autovacuum_vacuum_insert_scale_factor* × *число строк в таблице*

включаются обычные таблицы и toast-таблицы,
материализованные представления

не включаются временные таблицы

Рабочий процесс подключается к указанной базе данных и строит список всех таблиц, материализованных представлений и toast-таблиц, требующих очистки.

Очистки требуют объекты, в которых накопилось значительное количество ненужных («мертвых») версий строк.

Начиная с версии 13, очищаются также объекты, в которые с момента прошлой очистки было вставлено значительное количество новых строк. Это важно для таблиц, в которые данные только вставляются: их тоже необходимо очищать, чтобы обновить карту видимости и заморозить старые версии (рассматривается в теме «Заморозка»).

Точные формулы приведены на слайде. Они используют два параметра, один из которых (threshold) определяет абсолютное значение, а другой (scale_factor) — относительную долю строк.

Число строк определяется приблизительно, по статистике:

- общее число — pg_class.reltuples,
- число ненужных — pg_stat_all_tables.n_dead_tup,
- число вставленных — pg_stat_all_tables.n_ins_since_vacuum.

Autovacuum worker

Составляет список объектов базы данных для анализа

число изменившихся версий строк превышает
autovacuum_analyze_threshold +
+ *autovacuum_analyze_scale_factor* × *число строк в таблице*

включаются обычные таблицы и материализованные представления

не включаются toast-таблицы и временные таблицы

По очереди очищает и/или анализирует выбранные объекты

в одной базе может одновременно работать несколько процессов

на уровне одной таблицы параллелизма нет

Также строится список всех таблиц и материализованных представлений, требующих анализа. Toast-таблицы не анализируются.

Анализа требуют объекты, в которых с момента предыдущего анализа изменилось значительное число строк. Оно определяется по статистике: pg_stat_all_tables.n_mod_since_analyze.

Построив два списка, рабочий процесс по очереди очищает и/или анализирует отобранные объекты и по окончании очистки завершается.

В одной БД может одновременно работать несколько процессов, параллельно обрабатывая разные таблицы. На уровне одной таблицы параллелизма нет.

Autovacuum worker

Настройки автоочистки

autovacuum_vacuum_threshold = 50
autovacuum_vacuum_scale_factor = 0.2 ↓

autovacuum_vacuum_insert_threshold = 1000
autovacuum_vacuum_insert_scale_factor = 0.2 ↓?

Параметры хранения таблиц

autovacuum_enabled
toast.autovacuum_enabled

и одноименные настроечные параметры

Настройки по умолчанию предполагают вызов автоочистки при изменении таблицы на 20 % или вставке 20 % новых строк.
Это достаточно высокое значение: автоочистка будет вызываться редко, но работать будет долго, особенно для больших таблиц.
В большинстве случаев этот процент следует уменьшить.

В случае необходимости можно настроить эти параметры на уровне отдельных таблиц с помощью параметров хранения:

CREATE TABLE ... WITH (параметр=значение)

Причем параметры можно отдельно настраивать для toast-таблиц.

Кроме того, на уровне отдельных таблиц автоочистку можно отключить.

https://postgrespro.ru/docs/postgresql/13/runtime-config-autovacuum

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

Autovacuum worker

Настройки автоанализа

autovacuum_analyze_threshold = 50

autovacuum_analyze_scale_factor = 0.1

Параметры хранения таблиц

autovacuum_analyze_threshold

autovacuum_analyze_scale_factor

для toast-таблиц анализ не выполняется

Настройки по умолчанию предполагают вызов автоанализа при изменении таблицы на 10 %.

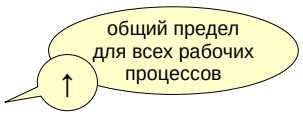
В случае необходимости, можно настроить эти параметры на уровне отдельных таблиц с помощью параметров хранения.

Toast-таблицы не анализируются, поэтому соответствующих параметров для них нет.

Autovacuum worker

Настройки для регулирования нагрузки

autovacuum_vacuum_cost_limit = −1
(при −1 используется *vacuum_cost_limit* = 200)



autovacuum_vacuum_cost_delay = 2ms
(при −1 используется *vacuum_cost_delay* = 0)

vacuum_cost_page_hit, vacuum_cost_page_miss, vacuum_cost_page_dirty

Параметры хранения таблиц

autovacuum_vacuum_cost_limit
toast.autovacuum_vacuum_cost_limit

autovacuum_vacuum_cost_delay
toast.autovacuum_vacuum_cost_delay

Регулирование нагрузки при автоматической очистке работает так же, как и при обычной. Однако существуют дополнительные параметры *autovacuum_vacuum_cost_limit* и *autovacuum_vacuum_cost_delay*, которые, если не равны −1, перекрывают параметры *vacuum_cost_limit* и *vacuum_cost_delay*.

До версии 12 значение параметра *autovacuum_vacuum_cost_delay* составляло 20 мс, что в совокупности с небольшим значением *autovacuum_vacuum_cost_limit* приводило к очень медленной работе автоочистки. С новым значением 2 мс ситуация улучшилась. Для дополнительного ускорения можно увеличить значение *autovacuum_vacuum_cost_limit*.

Кроме того следует учитывать, что предел, устанавливаемый этим параметром, общий для всех рабочих процессов. Поэтому при увеличении *autovacuum_max_workers* следует увеличивать и *autovacuum_vacuum_cost_limit.*

Также эти параметры могут указываться и на уровне отдельных таблиц.

https://postgrespro.ru/docs/postgresql/13/runtime-config-resource#RUNTIME-CONFIG-RESOURCE-VACUUM-COST

Autovacuum worker

Настройки памяти

autovacuum_work_mem = −1
(при –1 используется *maintenance_work_mem* = 64MB)

настройки действуют для каждого рабочего процесса,
память выделяется сразу в полном объеме

больший объем памяти уменьшает избыточную обработку
индексных страниц

Мониторинг

log_autovacuum_min_duration

pg_stat_progress_vacuum

Кроме настроек, влияющих на то, когда и как работать процессу автоочистки, есть возможность отрегулировать выделяемую память для рабочих процессов (autovacuum worker).

По умолчанию размер памяти ограничен параметром *maintenance_work_mem*, который действует не только на автоочистку, но и на все остальные служебные фоновые процессы. Обычно этот параметр можно установить в достаточно большое значение, поскольку фоновых процессов не так много. Однако число рабочих процессов автоочистки (регулируемое параметром *autovacuum_max_workers*) может быть большим, а память выделяется сразу полностью (а не по необходимости). Поэтому для процессов автоочистки можно настроить отдельное ограничение с помощью параметра *autovacuum_work_mem*.

Как говорилось в теме «Очистка», процесс очистки может работать и с минимальным объемом памяти. Но если на таблице созданы индексы, то небольшое значение может привести к повторным сканированиям одних и тех же индексных страниц — автоочистка будет работать медленнее. В идеале следует подобрать такое минимальное значение, при котором нет повторных сканирований.

Для мониторинга есть параметр *log_autovacuum_min_duration*, который выводит информацию об очистке в журнал сообщений сервера.

Напомним, что зачастую следует не увеличивать размер памяти, а уменьшать порог срабатывания очистки, чтобы за один раз обрабатывалось меньше данных.

Автоочистка

Создадим таблицу с 1000 строками:

```
=> CREATE DATABASE mvcc_autovacuum;
```

```
CREATE DATABASE
```

```
=> \c mvcc_autovacuum
```

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

```
=> CREATE TABLE tvac(
  id integer PRIMARY KEY GENERATED ALWAYS AS IDENTITY,
  n numeric
);
```

```
CREATE TABLE
```

```
=> INSERT INTO tvac(n) SELECT 1 FROM generate_series(1,1000);
```

```
INSERT 0 1000
```

Выставим настройки автоочистки.

Небольшое время ожидания, чтобы сразу видеть результат:

```
=> ALTER SYSTEM SET autovacuum_naptime = 1;
```

```
ALTER SYSTEM
```

Один процент строк:

```
=> ALTER SYSTEM SET autovacuum_vacuum_scale_factor = 0.01;
```

```
ALTER SYSTEM
```

Нулевой порог:

```
=> ALTER SYSTEM SET autovacuum_vacuum_threshold = 0;
```

```
ALTER SYSTEM
```

Выставим настройки автоанализа.

Два процента строк:

```
=> ALTER SYSTEM SET autovacuum_analyze_scale_factor = 0.02;
```

```
ALTER SYSTEM
```

Нулевой порог:

```
=> ALTER SYSTEM SET autovacuum_analyze_threshold = 0;
```

```
ALTER SYSTEM
```

Перечитаем настройки:

```
=> SELECT pg_reload_conf();
```

```
 pg_reload_conf
----------------
 t
(1 row)
```

И подождем немного, чтобы сработал автоанализ.

Создадим представление, показывающее, нуждается ли наша таблица в очистке. Здесь мы учитываем только мертвые версии, но аналогично можно добавить и условие для вставленных строк.

```
=> CREATE VIEW vacuum_v AS
WITH params AS (
  SELECT (SELECT setting::integer
          FROM   pg_settings
          WHERE  name = 'autovacuum_vacuum_threshold') AS vacuum_threshold,
         (SELECT setting::float
          FROM   pg_settings
          WHERE  name = 'autovacuum_vacuum_scale_factor') AS vacuum_scale_factor
)
SELECT st.relname,
       st.n_dead_tup dead_tup,
       (p.vacuum_threshold + p.vacuum_scale_factor*c.reltuples)::integer max_dead_tup,
       st.n_dead_tup > (p.vacuum_threshold + p.vacuum_scale_factor*c.reltuples)::integer need_vacuum,
       st.last_autovacuum
FROM   pg_stat_all_tables st,
       pg_class c,
       params p
WHERE  c.oid = st.relid
AND    c.relname = 'tvac';

CREATE VIEW
```

Сейчас таблица не требует очистки (в ней нет ненужных версий) и она ни разу не очищалась:

```
=> SELECT * FROM vacuum_v;

 relname | dead_tup | max_dead_tup | need_vacuum | last_autovacuum
---------+----------+--------------+-------------+-----------------
 tvac    |        0 |           10 | f           |
(1 row)
```

Можно создать аналогичное представление и для анализа:

```
=> CREATE VIEW analyze_v AS
WITH params AS (
  SELECT (SELECT setting::integer
          FROM   pg_settings
          WHERE  name = 'autovacuum_analyze_threshold') as analyze_threshold,
         (SELECT setting::float
          FROM   pg_settings
          WHERE  name = 'autovacuum_analyze_scale_factor') as analyze_scale_factor
)
SELECT st.relname,
       st.n_mod_since_analyze mod_tup,
       (p.analyze_threshold + p.analyze_scale_factor*c.reltuples)::integer max_mod_tup,
       st.n_mod_since_analyze > (p.analyze_threshold + p.analyze_scale_factor*c.reltuples)::integer need_analyze,
       st.last_autoanalyze
FROM   pg_stat_all_tables st,
       pg_class c,
       params p
WHERE  c.oid = st.relid
AND    c.relname = 'tvac';

CREATE VIEW
```

Представление показывает, что таблица не требует анализа; автоанализ уже был выполнен:

```
=> SELECT * FROM analyze_v;

 relname | mod_tup | max_mod_tup | need_analyze |       last_autoanalyze
---------+---------+-------------+--------------+-------------------------------
 tvac    |       0 |          20 | f            | 2022-12-26 19:07:44.750471+03
(1 row)
```

Отключим автоочистку на уровне таблицы и изменим 11 строк (больше 1%):

```
=> ALTER TABLE tvac SET (autovacuum_enabled = off);

ALTER TABLE

=> UPDATE tvac SET n = n + 1 WHERE id <= 11;

UPDATE 11
```

Проверим представления:

```
=> SELECT * FROM vacuum_v;
```

```
 relname | dead_tup | max_dead_tup | need_vacuum | last_autovacuum
---------+----------+--------------+-------------+-----------------
 tvac    |       11 |           10 | t           |
(1 row)
```

```
=> SELECT * FROM analyze_v;
```

```
 relname | mod_tup | max_mod_tup | need_analyze |       last_autoanalyze
---------+---------+-------------+--------------+-------------------------------
 tvac    |      11 |          20 | f            | 2022-12-26 19:07:44.750471+03
(1 row)
```

Как видно, таблице требуется автоочистка.

Включим автоочистку для таблицы и подождем несколько секунд...

```
=> ALTER TABLE tvac SET (autovacuum_enabled = on);
```

```
ALTER TABLE
```

```
=> SELECT * FROM vacuum_v;
```

```
 relname | dead_tup | max_dead_tup | need_vacuum |        last_autovacuum
---------+----------+--------------+-------------+-------------------------------
 tvac    |        0 |           10 | f           | 2022-12-26 19:07:50.847049+03
(1 row)
```

```
=> SELECT * FROM analyze_v;
```

```
 relname | mod_tup | max_mod_tup | need_analyze |       last_autoanalyze
---------+---------+-------------+--------------+-------------------------------
 tvac    |      11 |          20 | f            | 2022-12-26 19:07:44.750471+03
(1 row)
```

Автоочистка пришла и обработала таблицу. Число ненужных версий снова равно нулю. При этом автоанализ не выполнялся.

Изменим еще 11 строк:

```
=> ALTER TABLE tvac SET (autovacuum_enabled = off);
```

```
ALTER TABLE
```

```
=> UPDATE tvac SET n = n + 1 WHERE id <= 11;
```

```
UPDATE 11
```

```
=> SELECT * FROM vacuum_v;
```

```
 relname | dead_tup | max_dead_tup | need_vacuum |        last_autovacuum
---------+----------+--------------+-------------+-------------------------------
 tvac    |       11 |           10 | t           | 2022-12-26 19:07:50.847049+03
(1 row)
```

```
=> SELECT * FROM analyze_v;
```

```
 relname | mod_tup | max_mod_tup | need_analyze |       last_autoanalyze
---------+---------+-------------+--------------+-------------------------------
 tvac    |      22 |          20 | t            | 2022-12-26 19:07:44.750471+03
(1 row)
```

Теперь должна отработать и автоочистка, и автоанализ.

Проверим это.

```
=> ALTER TABLE tvac SET (autovacuum_enabled = on);
```

```
ALTER TABLE
```

Несколько секунд ожидания...

```
=> SELECT * FROM vacuum_v;
```

```
 relname | dead_tup | max_dead_tup | need_vacuum |        last_autovacuum
---------+----------+--------------+-------------+-------------------------------
 tvac    |        0 |           10 | f           | 2022-12-26 19:07:55.851181+03
(1 row)
```

```
=> SELECT * FROM analyze_v;
```

```
 relname | mod_tup | max_mod_tup | need_analyze |       last_autoanalyze
---------+---------+-------------+--------------+-------------------------------
 tvac    |       0 |          20 | f            | 2022-12-26 19:07:55.854176+03
(1 row)
```

Все правильно, отработали оба процесса.

Показанные представления можно использовать для мониторинга очереди таблиц, ожидающих очистку и анализ, убрав условие на имя таблицы. Для полноты картины в них требуется учесть параметры хранения на уровне отдельных таблиц.

```
=> ALTER TABLE tvac SET (autovacuum_vacuum_scale_factor = 0.01);
```

```
ALTER TABLE
```

```
=> SELECT unnest(reloptions) FROM pg_class WHERE relname = 'tvac';
```

```
               unnest
-------------------------------------
 autovacuum_enabled=on
 autovacuum_vacuum_scale_factor=0.01
(2 rows)
```

Подход к настройке

Баланс между разрастанием и накладными расходами

итеративный процесс

Основные параметры

autovacuum_vacuum_scale_factor — частота обработки
autovacuum_max_workers — параллелизм
autovacuum_vacuum_cost_limit — скорость работы

индивидуальная настройка важных таблиц параметрами хранения

Мониторинг

разрастание таблиц
очередь таблиц, ожидающих очистки
нагрузка на диски при работе очистки

Автоочистка управляется довольно большим числом взаимосвязанных параметров. В хорошо настроенной системе автоочистка не дает таблицам неадекватно разрастаться, и при этом не создает лишних накладных расходов.

Поиск баланса — итеративный процесс. Нужно выставить разумные начальные значения (исходя из размера и характера использования таблиц), проводить постоянный мониторинг и вносить коррективы.

Увеличение threshold/scale_factor приводит к большему разрастанию таблиц, но очистка выполняется реже и большими порциями (возможны пиковые нагрузки), суммарные накладные расходы ниже. Уменьшение параметров приводит к более частой обработке небольшими порциями, накладные расходы в этом случае выше, а таблицы разрастаются меньше.

Пиковые нагрузки можно пытаться сгладить параметрами cost_limit/cost_delay, уменьшающими скорость работы очистки.

Значение, заданное параметрами threshold/scale_factor, определяет лишь желаемый момент срабатывания очистки. При большом числе сильно измененных таблиц процесс очистки может долго выполнять итерацию и приступит к обработке очередной таблицы далеко не сразу. В этом случае надо либо увеличивать скорость работы очистки (если она была уменьшена параметрами cost_limit/cost_delay), либо увеличивать число параллельно работающих процессов параметром max_workers (что приведет к увеличению накладных расходов).

Итоги

Автоматическая очистка запускает очистку и анализ таблиц, динамически реагируя на изменения данных

Автоочистка допускает тонкую настройку
на уровне как системы, так и отдельных таблиц

Настройка автоочистки — итеративный поиск баланса

Практика

1. Настройте автоочистку на запуск при изменении 10% строк, время «сна» — одна секунда.
2. Создайте таблицу с большим количеством строк.
3. Двадцать раз с интервалом в несколько секунд изменяйте по 5–6% случайных строк. Каждое изменение выполняйте в отдельной транзакции.
4. Сколько раз отработала автоочистка? Насколько разрослась таблица? Совпадают ли результаты с ожидаемыми и как их объяснить?

1. Настройка автоочистки

Настраиваем автоочистку на 10% строк.

```
=> ALTER SYSTEM SET autovacuum_vacuum_threshold = 0;
```

```
ALTER SYSTEM
```

```
=> ALTER SYSTEM SET autovacuum_vacuum_scale_factor = 0.1;
```

```
ALTER SYSTEM
```

Устанавливаем запуск рабочих процессов на один раз в секунду:

```
=> ALTER SYSTEM SET autovacuum_naptime = '1s';
```

```
ALTER SYSTEM
```

```
=> SELECT pg_reload_conf();
```

```
 pg_reload_conf
----------------
 t
(1 row)
```

2. Таблица

```
=> CREATE DATABASE mvcc_autovacuum;
```

```
CREATE DATABASE
```

```
=> \c mvcc_autovacuum
```

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

```
=> CREATE TABLE t(n integer);
```

```
CREATE TABLE
```

```
=> INSERT INTO t(n) SELECT 1 FROM generate_series(1,100000);
```

```
INSERT 0 100000
```

3. Изменение данных

Начальный размер таблицы:

```
=> SELECT pg_size_pretty(pg_table_size('t'));
```

```
 pg_size_pretty
----------------
 3568 kB
(1 row)
```

Выполняем обновление таблицы с задержками в несколько секунд между командами.

```
=> UPDATE t SET n = n + 1 WHERE random() < 0.055;
```

```
UPDATE 5546
```

```
=> UPDATE t SET n = n + 1 WHERE random() < 0.055;
```

```
UPDATE 5437
```

```
=> UPDATE t SET n = n + 1 WHERE random() < 0.055;
```

```
UPDATE 5536
```

```
=> UPDATE t SET n = n + 1 WHERE random() < 0.055;
```

```
UPDATE 5560
```

```
=> UPDATE t SET n = n + 1 WHERE random() < 0.055;
```

```
UPDATE 5587
```

```
=> UPDATE t SET n = n + 1 WHERE random() < 0.055;
```

```
UPDATE 5648
```

```
=> UPDATE t SET n = n + 1 WHERE random() < 0.055;
UPDATE 5441
=> UPDATE t SET n = n + 1 WHERE random() < 0.055;
UPDATE 5542
=> UPDATE t SET n = n + 1 WHERE random() < 0.055;
UPDATE 5513
=> UPDATE t SET n = n + 1 WHERE random() < 0.055;
UPDATE 5407
=> UPDATE t SET n = n + 1 WHERE random() < 0.055;
UPDATE 5579
=> UPDATE t SET n = n + 1 WHERE random() < 0.055;
UPDATE 5479
=> UPDATE t SET n = n + 1 WHERE random() < 0.055;
UPDATE 5538
=> UPDATE t SET n = n + 1 WHERE random() < 0.055;
UPDATE 5521
=> UPDATE t SET n = n + 1 WHERE random() < 0.055;
UPDATE 5505
=> UPDATE t SET n = n + 1 WHERE random() < 0.055;
UPDATE 5461
=> UPDATE t SET n = n + 1 WHERE random() < 0.055;
UPDATE 5477
=> UPDATE t SET n = n + 1 WHERE random() < 0.055;
UPDATE 5531
=> UPDATE t SET n = n + 1 WHERE random() < 0.055;
UPDATE 5555
=> UPDATE t SET n = n + 1 WHERE random() < 0.055;
UPDATE 5511
```

4. Оценка разрастания

Статистика по таблице (autovacuum_count — сколько раз выполнялась автоочистка):

```
=> SELECT * FROM pg_stat_all_tables WHERE relname='t' \gx
```

```
-[ RECORD 1 ]-------+-----------------------------
relid               | 77284
schemaname          | public
relname             | t
seq_scan            | 20
seq_tup_read        | 2000000
idx_scan            |
idx_tup_fetch       |
n_tup_ins           | 100000
n_tup_upd           | 110374
n_tup_del           | 0
n_tup_hot_upd       | 79054
n_live_tup          | 100000
n_dead_tup          | 5511
n_mod_since_analyze | 0
n_ins_since_vacuum  | 0
last_vacuum         |
last_autovacuum     | 2022-12-26 19:15:10.982294+03
last_analyze        |
last_autoanalyze    | 2022-12-26 19:15:12.979416+03
vacuum_count        | 0
autovacuum_count    | 4
analyze_count       | 0
autoanalyze_count   | 10
```

Вот как увеличилась таблица:

```
=> SELECT pg_size_pretty(pg_table_size('t'));

 pg_size_pretty
----------------
 4416 kB
(1 row)
```

Суммарно изменилось порядка 110000 строк, что составляет 110% от размера таблицы. Можно было бы предположить, что автоочистка сработает 10–11 раз.

Однако автоочистка выполнялась примерно в два раза реже, поскольку существенная часть обновлений была оптимизирована внутристраничной очисткой (в нашем случае, HOT-очисткой: поле n_tup_hot_upd).

Таблица увеличилась не в два раза, а меньше — примерно на треть. В идеале достаточно было бы 5–6%, но:

- карта свободного пространства не обновляется при внутристраничной очистке, а автоочистка срабатывает только на второй раз;
- в результате HOT-обновлений на страницах появляются «лишние» redirect-указатели — при небольшой длине строк, как в нашем примере, этот эффект становится заметен;
- карта свободного пространства хранит не точную, а округленную информацию.