Язык SQL

Лекция 9
Программирование на стороне сервера

Е. П. Моргунов
Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М. Ф. Решетнева
г. Красноярск
Институт информатики и телекоммуникаций
emorgunov@mail.ru

Компания Postgres Professional
г. Москва

Версия от 18.10.2018

Подготовка к работе (1)

На вашем компьютере уже должна быть развернута база данных demo.

- Войдите в систему как пользователь postgres:

```
su - postgres
```

- Должен быть запущен сервер баз данных PostgreSQL:

```
pg_ctl  start  -D /usr/local/pgsql/data
```

- Для проверки запуска сервера выполните команду

```
pg_ctl  status  -D /usr/local/pgsql/data
```

или

```
ps -ax | grep postgres | grep -v grep
```

- Если у вас база данных demo была модифицирована, то для ее восстановления выполните команду

```
psql -f demo_small.sql -U postgres
```
(для ОС Debian)

```
psql -f demo_small.sql
```
(для ОС Xubuntu)

Подготовка к работе (2)

- Запустите утилиту psql и подключитесь к базе данных demo

```
psql -d demo -U postgres
```
(для ОС Debian)

```
psql -d demo
```
(для ОС Xubuntu)

- Назначьте схему bookings в качестве текущей

```
demo=# set search_path = bookings;
```

9.1. Общая информация

Обоснование

- При разработке приложений с базами данных часто бывает целесообразно переложить часть операций с данными с клиентского приложения на *серверную часть* СУБД.
- Это позволяет
  - упростить программный код приложения,
  - уменьшить объем данных, передаваемых по сети и
  - ускорить работу приложения.

Общие сведения (1)

- Для расширения возможностей СУБД разрабатываются так называемые хранимые процедуры, которые в рамках PostgreSQL называются функциями.
- В версии 11 появились и хранимые процедуры.
- Такие функции можно писать на языке SQL (и не только).
- В функцию можно включать произвольные SQL-команды.
- Возвращаемым значением будет первая строка результата выполнения последней SQL-команды.
- Тело SQL-функции должно представлять собой список SQL-операторов, разделённых точкой с запятой. Точка с запятой после последнего оператора может отсутствовать.
- Если только функция не объявлена как возвращающая void, последним оператором должен быть SELECT,
  либо INSERT, UPDATE или DELETE с предложением RETURNING.

Общие сведения (2)

- Если функция не должна возвращать никакого полезного значения, тогда возвращаемым типом будет void.
- Функция может получать аргументы. Эти аргументы могут иметь модификаторы IN и OUT.
- Первый из них используется по умолчанию и означает параметр, значение которого будет изменяться внутри функции, но вне функции его новое значение не будет доступно.
- Параметр с ключевым словом OUT используется для того, чтобы возвратить из функции более одного значения.
- Парные знаки $$ ограничивают непосредственно тело (определение) функции.
- Завершает определение функции наименование языка, на котором она написана.

Первая функция на языке SQL

Задача: подсчитать число мест в салоне самолета, соответствующих указанному классу обслуживания.

```
SET search_path = bookings;

DROP FUNCTION count_seats( char(3), text );

CREATE FUNCTION count_seats( a_code char(3),
                             fare_cond text )
  RETURNS bigint  AS $$
  SELECT count( * ) FROM seats s
  WHERE s.aircraft_code = a_code AND
        s.fare_conditions = fare_cond;
$$ LANGUAGE sql;
```

- Сохраните этот текст в файле count_seats.sql.

```
psql -d demo -f count_seats.sql -U postgres
SET
DROP FUNCTION
CREATE FUNCTION
```

Создана ли функция ?

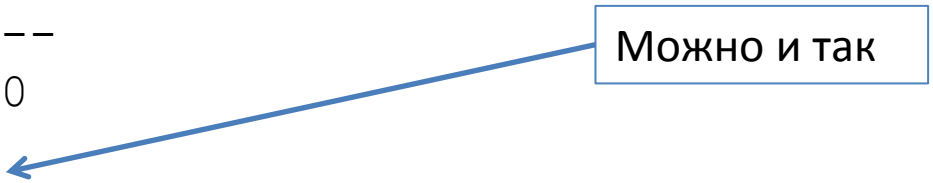
```
\x
Расширенный вывод включён.

\df
Список функций
-[ RECORD 1 ]----------+---------------------------------
Схема                  | bookings
Имя                    | count_seats
Тип данных результата  | bigint
Типы данных аргументов | a_code character, fare_cond text
Тип                    | обычная
```

Ее определение сохранилось в базе данных

```
\sf count_seats

CREATE OR REPLACE FUNCTION bookings.count_seats(a_code
character, fare_cond text)
 RETURNS bigint
 LANGUAGE sql
AS $function$
SELECT count( * ) FROM seats s
WHERE s.aircraft_code = a_code AND
      s.fare_conditions = fare_cond;
$function$
```

Проверим функцию в работе

```
SELECT count_seats( '773', 'Business');
 count_seats
-------------
          30
(1 строка)

SELECT count_seats( '763', 'Economy');
 count_seats
-------------
         192
(1 строка)

SELECT count_seats( 'CN1', 'Business');
 count_seats
-------------
           0
(1 строка)
SELECT * FROM count_seats( '763', 'Economy');
```



Перегрузка функций

- PostgreSQL допускает перегрузку функций; то есть, позволяет использовать *одно имя* для нескольких различных функций, если у них *различаются типы* входных аргументов.

- Две функции считаются совпадающими, если они имеют одинаковые имена и типы *входных* аргументов, параметры OUT игнорируются.

Пример перегруженной функции (1)

Задача: вывести число мест для каждого класса обслуживания в салоне выбранной модели самолета.

```
SET search_path = bookings;
```

Такое же имя, а параметры другие

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION count_seats( a_code char(3)
                    DEFAULT 'SU9', OUT a_model text,
                    OUT seats_business bigint,
                    OUT seats_comfort bigint,
                    OUT seats_economy bigint )
 AS
$$
SELECT a.model,
( SELECT count( * )
  FROM seats s
  WHERE s.aircraft_code = a_code
        AND s.fare_conditions = 'Business'
) AS business,
...
```

Пример перегруженной функции (2)

```
...
( SELECT count( * )
  FROM seats s
  WHERE s.aircraft_code = a_code
        AND s.fare_conditions = 'Comfort'
) AS comfort,
( SELECT count( * )
  FROM seats s
  WHERE s.aircraft_code = a_code
        AND s.fare_conditions = 'Economy'
) AS economy
FROM aircrafts a
WHERE a.aircraft_code = a_code
ORDER BY 1;
$$ LANGUAGE sql;
```

Проверим в работе (1)

```
psql -d demo -f count_seats2.sql -U postgres
```

```
SELECT * FROM count_seats();
```

без параметра (по умолчанию)

```
-[ RECORD 1 ]--+--------------------
a_model        | Sukhoi SuperJet-100
seats_business | 12
seats_comfort  | 0
seats_economy  | 85
```

```
SELECT * from count_seats( '319');
```

с параметром

```
-[ RECORD 1 ]--+----------------
a_model        | Airbus A319-100
seats_business | 20
seats_comfort  | 0
seats_economy  | 96
```

Проверим в работе (2)

```
SELECT * FROM count_seats( ( SELECT aircraft_code
FROM aircrafts
WHERE model =
      'Boeing 777-300' ) );
```

получим значение параметра с помощью подзапроса

двойные скобки!

```
-[ RECORD 1 ]--+--------------
a_model        | Boeing 777-300
seats_business | 30
seats_comfort  | 48
seats_economy  | 324
```

```
SELECT seats_business + seats_comfort +
       seats_economy AS total_seats
FROM ( SELECT * from count_seats( '319' ) )
     AS groups_seats;
 total_seats
-------------
         116
(1 строка)
```

подзапрос в предложении FROM

Немного теории

- Заметьте, что выходные параметры не включаются в список аргументов при вызове такой функции из SQL.
- Это объясняется тем, что PostgreSQL определяет сигнатуру вызова функции, рассматривая только входные параметры.
- Это также значит, что при таких операциях, как удаление функции, в ссылках на функцию учитываются только типы входных параметров.
- Для удаления функции используется команда DROP FUNCTION. Например:

```
DROP FUNCTION sum_and_product( int, int );
```

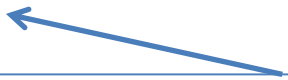
Переменное число параметров (VARIADIC) (1)

Задача: расширить предыдущую задачу на переменное число моделей самолетов.

```
SET search_path = bookings;

CREATE OR REPLACE FUNCTION count_seats_var(
  VARIADIC a_codes char[] )
  RETURNS TABLE( model text, business bigint, comfort bigint,
                 economy bigint  )
  AS
$$
SELECT a.model,
( SELECT count( * )
  FROM seats s
  WHERE s.aircraft_code = a.aircraft_code
        AND s.fare_conditions = 'Business'
) AS business,
...
```

Переменное число параметров (VARIADIC) (2)

```
...
( SELECT count( * )
  FROM seats s
  WHERE s.aircraft_code = a.aircraft_code
        AND s.fare_conditions = 'Comfort'
) AS comfort,
( SELECT count( * )
  FROM seats s
  WHERE s.aircraft_code = a.aircraft_code
        AND s.fare_conditions = 'Economy'
) AS economy
FROM aircrafts a
WHERE a.aircraft_code IN ( SELECT unnest( a_codes ) )
ORDER BY 1;
$$ LANGUAGE sql;
```



разворачивает массив в виде столбца таблицы

Проверим в работе

```
psql -d demo -f count_seats3.sql -U postgres

SELECT * FROM count_seats_var( '773', '319', 'CN1',
                               'SU9');
        model         | business | comfort | economy
----------------------+----------+---------+---------
 Airbus A319-100      |       20 |       0 |      96
 Boeing 777-300       |       30 |      48 |     324
 Cessna 208 Caravan   |        0 |       0 |      12
 Sukhoi SuperJet-100  |       12 |       0 |      85
(4 строки)
```

- Для удаления функции используется команда DROP FUNCTION. Например:

```
DROP FUNCTION count_seats_var(VARIADIC a_codes char[]);
DROP FUNCTION
```

Как узнать, какие функции есть в базе данных?

```
\dfn
Список функций
-[ RECORD 1 ]----------+---------------------------------------
Схема                  | bookings
Имя                    | count_seats
Тип данных результата  | record
Типы данных аргументов | a_code character DEFAULT 'SU9'::bpchar,
OUT a_model text, OUT seats_business bigint, OUT seats_comfort
bigint, OUT seats_economy bigint
Тип                    | обычная
-[ RECORD 2 ]----------+---------------------------------------
Схема                  | bookings
Имя                    | count_seats
Тип данных результата  | bigint
Типы данных аргументов | a_code character, fare_cond text
Тип                    | обычная
-[ RECORD 3 ]----------+---------------------------------------
Схема                  | bookings
Имя                    | count_seats_var
Тип данных результата  | TABLE(model text, business bigint,
comfort bigint, economy bigint)
Типы данных аргументов | VARIADIC a_codes character[]
Тип                    | обычная
```

Категории изменчивости функций

- Для каждой функции определяется характеристика *изменчивости*, с возможными вариантами: VOLATILE, STABLE и IMMUTABLE. Если эта характеристика не задаётся явно в команде CREATE FUNCTION, по умолчанию подразумевается VOLATILE.
- Категория изменчивости представляет собой обещание некоторого поведения функции для оптимизатора.
- PostgreSQL требует, чтобы функции STABLE и IMMUTABLE не содержали SQL-команд, кроме SELECT, для предотвращения модификации данных.

Изменчивая функция (VOLATILE)

- Изменчивая функция (VOLATILE) может делать всё, что угодно, в том числе, модифицировать базу данных. Она может возвращать *различные результаты* при нескольких вызовах с *одинаковыми аргументами*.
- Оптимизатор не делает никаких предположений о поведении таких функций. В запросе, использующем изменчивую функцию, она будет *вычисляться заново для каждой строки*, когда потребуется её результат.
- Характеристика VOLATILE (изменчивая) показывает, что результат функции может меняться даже в рамках одного сканирования таблицы, так что её вызовы нельзя оптимизировать. Изменчивы в этом смысле относительно немногие функции баз данных, например: random(), currval() и timeofday().

Стабильная функция (STABLE)

- Стабильная функция (STABLE) *не может модифицировать* базу данных и гарантированно возвращает одинаковый результат, получая одинаковые аргументы, *для всех строк* в одном операторе.
- Эта характеристика позволяет оптимизатору заменить множество вызовов этой функции одним.
- В частности, выражение, содержащее такую функцию, можно безопасно использовать в условии поиска по индексу.
- Так как при поиске по индексу целевое значение вычисляется только один раз, а не для каждой строки, использовать функцию с характеристикой VOLATILE в условии поиска по индексу нельзя.

Постоянная функция (IMMUTABLE)

- Постоянная функция (IMMUTABLE) не может модифицировать базу данных и гарантированно всегда возвращает *одинаковые результаты* для одних и тех же аргументов.
- Эта характеристика позволяет оптимизатору предварительно вычислить функцию, когда она вызывается в запросе с постоянными аргументами. Например, запрос вида SELECT ... WHERE x = 2 + 2 можно упростить до SELECT ... WHERE x = 4, так как нижележащая функция оператора сложения помечена как IMMUTABLE.
- Если функция имеет такую характеристику, любой её вызов с аргументами-константами можно немедленно заменить значением функции

9.2. Триггеры

Общие сведения (1)

- **Триггер** – это механизм, заставляющий СУБД выполнить конкретную функцию, когда выполняется определенный тип операций.
- Триггеры могут быть связаны с таблицами и представлениями (views).
- Триггеры, связанные с таблицами, могут выполняться как ДО (BEFORE), так и ПОСЛЕ (AFTER) операций INSERT, UPDATE, DELETE.
- Если случается конкретное событие, приводящее к срабатыванию триггера, то вызывается так называемая триггерная функция, которая и обрабатывает это событие.
- Триггеры, связанные с представлениями (views), выполняются ВМЕСТО операций INSERT, UPDATE, DELETE.
- Для создания триггера сначала нужно создать триггерную функцию. Эта функция не должна принимать никаких аргументов и должна возвращать значение типа **trigger**. Необходимые ей данные триггерная функция получает от СУБД без участия программиста.

Общие сведения (2)

- Триггеры могут быть двух типов с точки зрения числа повторных вызовов триггерной функции:
- – функция может вызываться *для каждой строки*, на которую влияет команда, вызвавшая срабатывание триггера;
- – функция может вызываться *только один раз*, независимо от числа строк, подвергшихся воздействию команды, вызвавшей срабатывание триггера. Даже если таких строк не будет ни одной, триггерная функция вызывается все равно.
- Триггеры первого типа называют триггерами уровня строки (row-level), а триггеры второго типа – триггерами уровня команды (statement-level).
- Триггерные функции, вызываемые триггерами уровня SQL-команды, должны всегда возвращать значение NULL. Триггерные функции, вызываемые триггерами уровня строки (row-level), могут возвращать строку таблицы, если это необходимо с точки зрения логики этой функции.

Общие сведения (3)

- Триггер уровня строки, выполняемый ДО операции, может принимать одно из двух решений:
- – он может возвратить значение NULL, чтобы предотвратить операцию с текущей строкой таблицы, для которой и вызван этот триггер (например, вставку, обновление или удаление строки таблицы);
- – при выполнении операций вставки или обновления триггер уровня строки может модифицировать вставляемую или обновляемую строку таблицы, поскольку именно строка, возвращаемая триггером, и будет вставлена в таблицу или обновлена в ней.
- Поэтому триггер такого типа, если не планируется отмена операции или модифицирование строки таблицы, должен возвратить неизмененную строку таблицы. В случае операции вставки (INSERT) и обновления (UPDATE) это будет специальное значение NEW, а в случае операции удаления строки (DELETE) это будет специальное значение OLD.
- Для триггеров уровня строки, выполняемых после операции, значение, возвращаемое триггерной функцией, просто игнорируется, поэтому они могут возвращать значение NULL.

Общие сведения (4)

- Если для одного и того же события, имеющего место в отношении данной таблицы, определено несколько триггеров, то они срабатывают в алфавитном порядке их имен. Если предшествующий BEFORE-триггер модифицирует строку таблицы, то последующий BEFORE-триггер получает на вход уже модифицированную строку. Если предыдущий BEFORE-триггер возвращает значение NULL, то операция над данной строкой таблицы отменяется и последующие BEFORE-триггеры не срабатывают.
- В типичном случае BEFORE-триггеры уровня строки используются для проверки или модифицирования данных, которые будут вставлены в таблицу или обновлены в ней. Например, такой триггер может использоваться для вставки значения текущего времени в поле типа timestamp или для проверки согласованности значений двух или более полей текущей строки таблицы.
- AFTER-триггеры логично использовать для продвижения изменений, сделанных в текущей таблице, в другие таблицы или выполнять проверки согласованности данных с другими таблицами.

Создание триггера

- Упрощенный синтаксис команды для создания триггера таков:

```
CREATE TRIGGER имя_триггера { BEFORE | AFTER | INSTEAD OF
} { событие [ OR ... ] }
ON имя_таблицы
[ FOR [ EACH ] { ROW | STATEMENT } ]
EXECUTE PROCEDURE имя_функции ( аргументы )
```

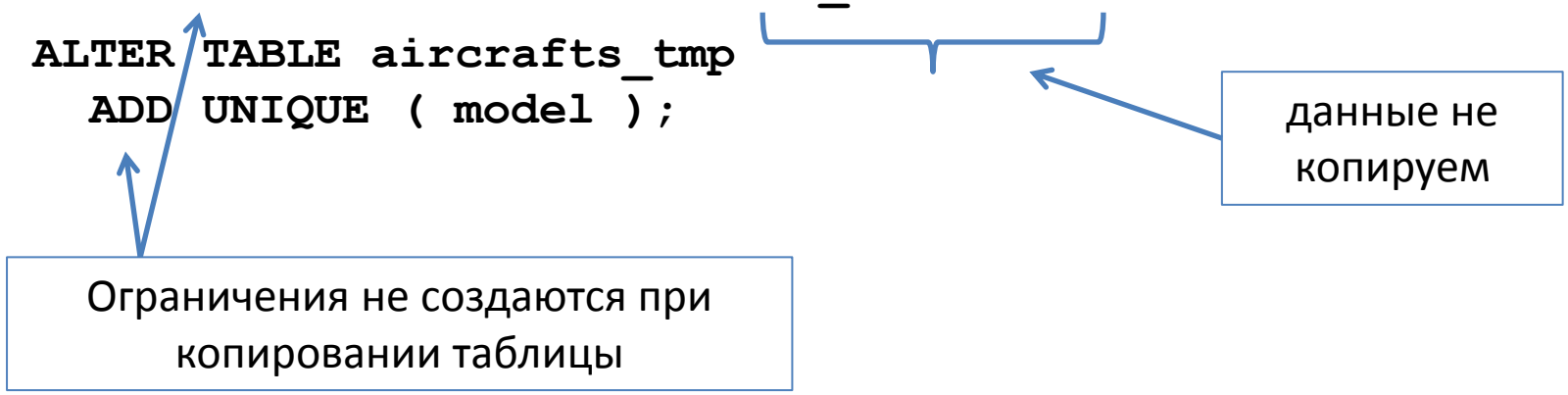
- где «событие» – это одно из:

```
INSERT
UPDATE [ OF имя_столбца [, ... ] ]
DELETE
TRUNCATE
```

Подготовительные операции (1)

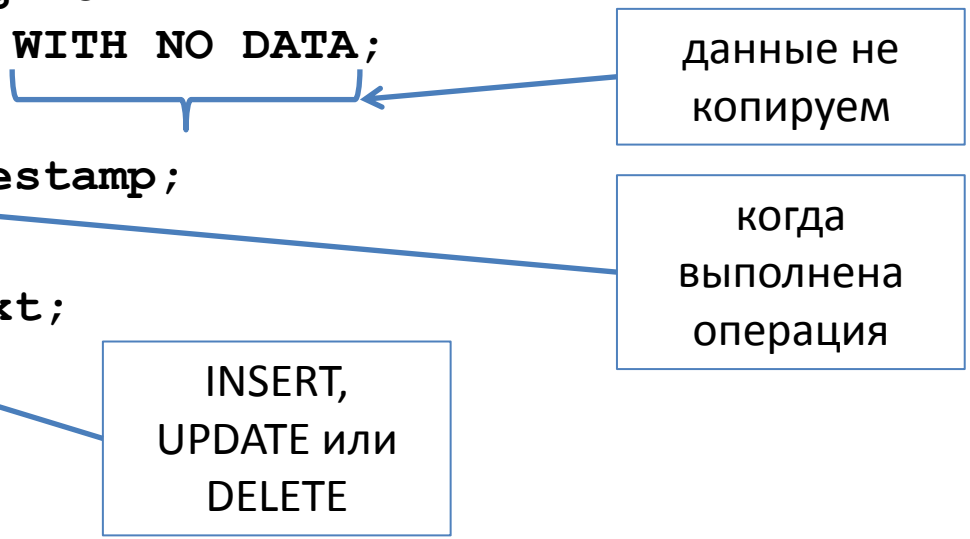
- Создадим две копии таблицы «Самолеты» (aircrafts).
- Первая будет предназначена для хранения данных, взятых из таблицы-прототипа, а вторая будет использоваться в качестве журнальной таблицы.

```
CREATE TABLE aircrafts_tmp AS
  SELECT * FROM aircrafts WITH NO DATA;

ALTER TABLE aircrafts_tmp
  ADD PRIMARY KEY ( aircraft_code );

ALTER TABLE aircrafts_tmp
  ADD UNIQUE ( model );
```



Подготовительные операции (2)

```
CREATE TABLE aircrafts_log AS
  SELECT * FROM aircrafts WITH NO DATA;
ALTER TABLE aircrafts_log
  ADD COLUMN when_add timestamp;
ALTER TABLE aircrafts_log
  ADD COLUMN operation text;
```



Пример триггерной функции и триггера

Задача: скопировать в таблицу aircrafts_tmp все данные из таблицы aircrafts, фиксируя все изменения в журнале изменений.

```
SET search_path = bookings;

CREATE OR REPLACE FUNCTION log_aircrafts()
RETURNS trigger  AS
$$
BEGIN
  INSERT INTO aircrafts_log ( aircraft_code, model, range,
                              when_add, operation )
  VALUES ( NEW.aircraft_code, NEW.model, NEW.range,
           CURRENT_TIMESTAMP, 'INSERT' );
  RETURN NEW;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;

DROP TRIGGER IF EXISTS aircrafts_log ON aircrafts_tmp;

CREATE TRIGGER aircrafts_log AFTER INSERT ON aircrafts_tmp
FOR EACH ROW EXECUTE PROCEDURE log_aircrafts();
```

Язык PL/pgSQL

Сохраним в файле log_aircrafts.sql

Создаем триггерную функцию и триггер

```
psql -d demo -f log_aircrafts.sql -U postgres
SET
CREATE FUNCTION
DROP TRIGGER
CREATE TRIGGER

INSERT INTO aircrafts_tmp SELECT * FROM aircrafts;
INSERT 0 9
SELECT * FROM aircrafts_log;

 aircraft_code |         model         | range |
when_add          | operation
---------------+-----------------------+-------+------------
---------------+----

 773           | Boeing 777-300        | 11100 | 2018-10-10
16:45:24.87647 | INSERT
 763           | Boeing 767-300        |  7900 | 2018-10-10
16:45:24.87647 | INSERT
...
(9 строк)
```

9.3. Язык PL/pgSQL

Общие сведения

- PL/pgSQL – это процедурный язык СУБД PostgreSQL. Он может использоваться для создания обычных функций и триггерных функций.
- Этот язык позволяет дополнить язык SQL управляющими структурами. С его помощью можно выполнять сложные вычисления.
- Функции, написанные на этом языке, могут использоваться везде, где могли бы использоваться встроенные функции языка SQL, например, в индексных выражениях при создании индексов.
- Данный язык позволяет повысить эффективность работы приложения с базой данных за счет того, что в рамках одной процедуры, написанной на этом языке, могут быть сгруппированы несколько SQL-операторов, которые хранятся на сервере.
- Поэтому клиентскому приложению не требуется выполнять эти SQL-операторы по одному, организуя каждый раз взаимодействие с сервером и тем самым увеличивая сетевой трафик.
- Также не выполняется передача промежуточных результатов вычислений от сервера к клиенту, тем самым также сокращается число взаимодействий клиента и сервера, что позволяет ускорить обработку данных.

Создание функции

- Функции на языке PL/pgSQL оформляются в виде блоков (в квадратных скобках указаны необязательные элементы):

```
[ <<метка>> ]
[ DECLARE
объявления ]
BEGIN
операторы
END [ метка ];
```

- Внутри блока могут содержаться вложенные блоки, которые удобно использовать для отражения логической структуры функции. Переменные, объявленные во вложенном блоке, скрывают одноименные переменные, объявленные во внешнем блоке.
- Все ключевые слова являются нечувствительными к регистру символов, поэтому их можно вводить как в верхнем, так и в нижнем регистре.

Пример функции, представленный в документации (1)

```
CREATE FUNCTION somefunc() RETURNS integer AS $$
<< outerblock >>
DECLARE
-- Объявим переменную типа integer и инициализируем ее.
quantity integer := 30;
BEGIN
  -- Этот оператор выведет сообщение, в котором вместо знака %
  -- будет подставлено значение переменной quantity, равное 30.
  RAISE NOTICE 'Quantity here is %', quantity;
  quantity := 50; -- присвоим переменной новое значение
  --
  -- Создадим вложенный блок.
  --
  DECLARE
  -- Объявим переменную типа integer и инициализируем ее.
  -- Имя этой переменой такое же, как и переменной в главном
  -- блоке.
  quantity integer := 80;
```

Пример функции, представленный в документации (2)

```
  BEGIN
    -- Этот оператор выведет значение 80.
    RAISE NOTICE 'Quantity here is %', quantity;
    -- Этот оператор выведет значение 50. Поскольку имени
    -- переменной предшествует имя метки внешнего блока, будет
    -- использована переменная quantity из внешнего блока
    -- outerblock.
    RAISE NOTICE 'Outer quantity here is %', outerblock.quantity;
  END;
  -- Вложенный блок завершился, значит, эта команда выведет
  -- значение переменной, объявленной в главном блоке, т. е. 50.
  RAISE NOTICE 'Quantity here is %', quantity;
  RETURN quantity; -- возвратим результат
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;
```

Обработка ошибок (1)

- В случае возникновения ошибки при выполнении функции PL/pgSQL работа функции прерывается. Но можно перехватывать возникающие ошибки и обрабатывать их тем или иным образом. Для этого в блок BEGIN…END вводится ключевое слово EXCEPTION.

```
[ <<label>> ]
[ DECLARE
  объявления ]
BEGIN
  операторы
EXCEPTION
  WHEN условие [ OR условие ... ] THEN
       операторы_для_обработки_ошибки
  [ WHEN условие [ OR условие ... ] THEN
       операторы_для_обработки_ошибки
. ]
END;
```

Обработка ошибок (2)

- Все условия, используемые в блоке обработки ошибок, имеют стандартизированные имена, приведенные в приложении А к документации на PostgreSQL.
- Если для возникшей ошибки предусмотрено соответствующее условие в данном блоке BEGIN..END, тогда эта ошибка обрабатывается здесь.
- Если же для нее обработчик не предусмотрен в данном блоке, тогда ошибка продвигается во внешний блок и обрабатывается там.
- Если же там обработчика для данной ошибки также нет, тогда выполнение функции прерывается.

Вывод сообщений

- Для вывода сообщений пользователю или для генерирования ошибок служит команда RAISE. Покажем один из вариантов ее син-таксиса.

```
RAISE [ уровень ] 'формат' [, выражение [, ... ]];
```

- Здесь уровень означает степень серьезности сообщения: DEBUG, LOG, INFO, NOTICE, WARNING и EXCEPTION. По умолчанию используется EXCEPTION, что означает формирование ошибки. Параметр 'формат' служит для формирования текста сообщения, за этим параметром могут следовать переменные, значения которых подставляются в строку 'формат' в те позиции, которые обозначены символом «%». Приведем простой пример:

```
RAISE NOTICE 'Calling cs_create_job(%)', v_job_id;
```

Практическая задача

Задача: обеспечить равенство значения полной стоимости бронирования в таблице «Бронирования» (bookings) сумме стоимостей отдельных перелетов, которые были оформлены в рамках этой процедуры бронирования.

- Создадим новое бронирование и оформим один билет с двумя перелетами в нем.
- После завершения ввода строк в таблицу «Перелеты» мы проверим значение поля total_amount: оно станет равным сумме стоимостей всех забронированных перелетов.

Создадим триггерную функцию и триггер (1)

```
SET search_path = bookings;

CREATE OR REPLACE FUNCTION update_bookings()
RETURNS trigger  AS
$$
DECLARE
  delta bookings.total_amount%TYPE;
  tick_no ticket_flights.ticket_no%TYPE;
BEGIN
  IF TG_OP = 'INSERT' THEN
    delta = NEW.amount;
    tick_no = NEW.ticket_no;

  ELSIF ( TG_OP = 'UPDATE' ) THEN
    delta = NEW.amount - OLD.amount;
    tick_no = OLD.ticket_no;

  ELSIF ( TG_OP = 'DELETE' ) THEN
    delta = OLD.amount * ( -1 );
    tick_no = OLD.ticket_no;
  END IF;
...
```

Создадим триггерную функцию и триггер (2)

```
...
  UPDATE bookings b SET total_amount  = total_amount + delta
  FROM tickets t, ticket_flights tf
  WHERE b.book_ref = t.book_ref AND
        t.ticket_no = tick_no;
 RETURN NULL;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;

DROP TRIGGER IF EXISTS update_bookings ON ticket_flights;

CREATE TRIGGER update_bookings
AFTER INSERT OR UPDATE OR DELETE ON ticket_flights
FOR EACH ROW EXECUTE PROCEDURE update_bookings();
```

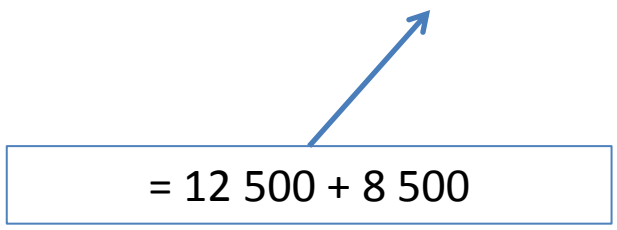
Проверяем в работе (подготовим транзакцию)

```
SET search_path = bookings;

BEGIN;

INSERT INTO bookings ( book_ref, book_date, total_amount )
VALUES ( 'ABC123', bookings.now(), 0 );

INSERT INTO tickets ( ticket_no, book_ref, passenger_id,
                      passenger_name)
VALUES ( '9991234567890', 'ABC123', '1234 123456',
         'IVAN PETROV' );

INSERT INTO ticket_flights ( ticket_no, flight_id,
                             fare_conditions, amount )
VALUES ( '9991234567890', 5572, 'Business', 12500 ),
       ( '9991234567890', 13881, 'Economy', 8500 );

COMMIT;

SELECT * from bookings WHERE book_ref = 'ABC123';
```

- Сохранить в файле check_update_bookings.sql

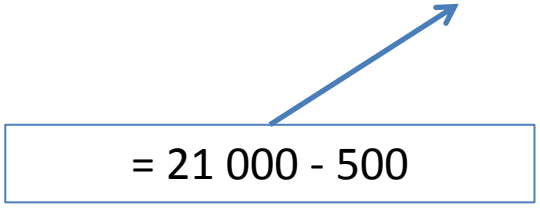
Что получилось?

```
psql -d demo -f check_update_bookings.sql -U postgres
SET
BEGIN
INSERT 0 1
INSERT 0 1
INSERT 0 2
COMMIT
 book_ref |        book_date         | total_amount
----------+--------------------------+--------------
 ABC123   | 2016-10-13 21:00:00+07 |     21000.00
(1 строка)
```



Обновление суммы перелета

```
UPDATE ticket_flights SET amount = amount - 500
WHERE ( ticket_no, flight_id ) =
      ( '9991234567890', 5572 );
UPDATE 1
SELECT * from bookings WHERE book_ref = 'ABC123';
 book_ref |       book_date          | total_amount
----------+--------------------------+--------------
 ABC123   | 2016-10-13 21:00:00+07 |     20500.00
(1 строка)
```



Удаление перелета

```
DELETE FROM ticket_flights
WHERE ( ticket_no, flight_id ) = ( '9991234567890', 5572 )
RETURNING *;
   ticket_no    | flight_id | fare_conditions |  amount
---------------+-----------+-----------------+----------
 9991234567890 |      5572 | Business        | 12000.00
(1 строка)

DELETE 1
SELECT * from bookings WHERE book_ref = 'ABC123';
 book_ref |       book_date          | total_amount
----------+--------------------------+--------------
 ABC123   | 2016-10-13 21:00:00+07 |      8500.00
(1 строка)
```

= 20 500 - 12 000

Переменные

- Переменные в языке PL/pgSQL могут иметь любой тип данных, имеющийся в PostgreSQL, например integer, varchar и т. д. DEFAULT означает присваивание :=

```
quantity integer DEFAULT 32;
```

- строковое значение нужно заключить в одинарные кавычки

```
url varchar := 'http://mysite.com';
```

- можно создать константу и инициализировать ее

```
user_id CONSTANT integer := 10;
```

- переменная для хранения значения поля user_id из таблицы users, Такой оператор избавляет нас от необходимости знать тип данных этого поля

```
user_id users.user_id%TYPE;
```

Комплексный пример (1)

Задача: вывести сведения о числе проданных билетов и степени загрузки самолетов, выполняющих рейсы по указанному направлению: город отправления – город прибытия.

```
SET search_path = bookings;

CREATE OR REPLACE FUNCTION get_route_info( d_city text,
                                           a_city text )
  RETURNS TABLE( dep_city text, arr_city text,
                 flight_no char(6), flight_id integer,
                 scheduled_departure timestamptz, model text,
                 total_seats integer, booked_seats integer,
                 percentage numeric )
  AS
$$
  DECLARE
    tmp char(1);
    flight RECORD;
    tot_seats integer;
    b_seats integer;
    flights_found bool DEFAULT FALSE;
  BEGIN
    ...
```

возвращаем таблицу

Тип RECORD. Ее структура заранее не определена

Комплексный пример (2)

```
  ...
BEGIN
    IF NOT EXISTS ( SELECT 'x' FROM airports
                    WHERE city = d_city )
    THEN
      RAISE EXCEPTION 'Города % нет в базе данных', d_city;
    END IF;

    SELECT 'x' INTO tmp FROM airports WHERE city = a_city;
    IF NOT FOUND THEN
      RAISE NOTICE 'Города % нет в базе данных', a_city;
      RETURN;
    END IF;
```

проверка наличия города в базе данных, выполненная по-разному в учебных целях

```
IF ( d_city = a_city ) THEN
      RAISE NOTICE 'Города отправления и прибытия ' ||
                   'не должны совпадать';
      RETURN;
    END IF;
```

Комплексный пример (3)

```
...
-- Организуем цикл по результату запроса
   FOR flight IN SELECT * FROM flights_v f, aircrafts a
                 WHERE f.departure_city = d_city AND
                       f.arrival_city = a_city AND
                       f.aircraft_code = a.aircraft_code
   LOOP
     -- Для отладочных целей
     -- RAISE NOTICE '% % % % %',
     --              flight.departure_city, flight.arrival_city,
     --              flight.flight_no, flight.flight_id,
     --              flight.model;

     -- Число мест в салоне самолета, выполняющего рейс
     SELECT count(*) INTO tot_seats
     FROM seats
     WHERE aircraft_code = flight.aircraft_code;
...
```

переменная для записи результата

Комплексный пример (4)

```
...
-- Число проданных билетов (перелетов)
     SELECT count(*) INTO b_seats
     FROM ticket_flights tf
     WHERE tf.flight_id = flight.flight_id;

     -- Формируется очередная строка результата
     RETURN QUERY SELECT flight.departure_city,
                         flight.arrival_city,
                         flight.flight_no, flight.flight_id,
                         flight.scheduled_departure,
                         flight.model,
                         tot_seats, b_seats,
                         round( ( b_seats::float /
                                  tot_seats::float )::
                                  numeric, 2 );
     flights_found = TRUE;  -- строки были найдены
   END LOOP;
...
```

Выполнение функции еще не завершается!

Комплексный пример (5)

```
...
-- Не было найдено ни одной строки
   IF NOT flights_found THEN
     RAISE NOTICE 'Между городами % и % нет прямого рейса',
                  d_city, a_city;
   END IF;

  -- Обработка исключений
  EXCEPTION
    WHEN OTHERS THEN
      RAISE NOTICE '%', SQLERRM;
  END;
$$ LANGUAGE plpgsql;
```

Исключение, сгенерированное в начале функции, окажется здесь

Встроенная переменная, содержащая текст сообщения об ошибке

Язык PL/pgSQL

Проверка в работе (1)

```
SELECT * FROM get_route_info( 'Красноярс', 'Сочи' );
ЗАМЕЧАНИЕ:  Города Красноярс нет в базе данных

SELECT * FROM get_route_info( 'Красноярск', 'Тверь' );
ЗАМЕЧАНИЕ:  Города Тверь нет в базе данных

SELECT * FROM get_route_info( 'Москва', 'Москва' );
ЗАМЕЧАНИЕ:  Города отправления и прибытия не должны
совпадать

SELECT * FROM get_route_info( 'Красноярск', 'Анадырь' );
ЗАМЕЧАНИЕ:  Между городами Красноярск и Анадырь нет
прямого рейса
```

Проверка в работе (2)

```
SELECT * FROM get_route_info( 'Сочи', 'Москва' );

dep_city             | Сочи
arr_city             | Москва
flight_no            | PG0013
flight_id            | 30575
scheduled_departure  | 2016-10-26 21:15:00+07
model                | Boeing 777-300
total_seats          | 402
booked_seats         | 316
percentage           | 0.79
---------------------+-----------------------
dep_city             | Сочи
arr_city             | Москва
flight_no            | PG0013
flight_id            | 30576
scheduled_departure  | 2016-10-10 21:15:00+07
model                | Boeing 777-300
total_seats          | 402
booked_seats         | 287
percentage           | 0.71
---------------------+-----------------------
...
```

В завершение

```
\df
...
-------------------------------------------------------------
Схема                       | bookings
Имя                         | log_aircrafts
Тип данных результата       | trigger
Типы данных аргументов      |
Тип                         | триггерная
------------------------+------------------------------------
Схема                       | bookings
Имя                         | update_bookings
Тип данных результата       | trigger
Типы данных аргументов      |
Тип                         | триггерная
```

Литература

1. Лузанов, П. PostgreSQL для начинающих / П. Лузанов, Е. Рогов, И. Лёвшин ; Postgres Professional. – М., 2017. – 146 с.
2. Моргунов, Е. П. Язык SQL. Базовый курс : учеб.-практ. пособие. / Е. П. Моргунов ; под ред. Е. В. Рогова, П. В. Лузанова ; Postgres Professional. – М., 2017. – 257 с.
3. PostgreSQL [Электронный ресурс] : официальный сайт / The PostgreSQL Global Development Group. – http://www.postgresql.org.
4. Postgres Professional [Электронный ресурс] : российский производитель СУБД Postgres Pro : официальный сайт / Postgres Professional. – http://postgrespro.ru.

Задание

Для выполнения практических заданий необходимо использовать книгу:

Моргунов, Е. П. Язык SQL. Базовый курс : учеб.-практ. пособие / Под ред. Е. В. Рогова, П. В. Лузанова ; Postgres Professional. – М., 2017. – 257 с. https://postgrespro.ru/education/books/sqlprimer

1. Подумать, в каких ситуациях, имеющих место при использовании базы данных «Авиаперевозки», можно было бы применить полученные знания.