

## Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317  
ISI (Dubai, UAE) = 1.582  
GIF (Australia) = 0.564  
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912  
ПИИЦ (Russia) = 3.939  
ESJI (KZ) = 8.771  
SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630  
PIF (India) = 1.940  
IBI (India) = 4.260  
OAJI (USA) = 0.350

SOI: [1.1/TAS](#) DOI: [10.15863/TAS](#)

### International Scientific Journal Theoretical & Applied Science

p-ISSN: 2308-4944 (print) e-ISSN: 2409-0085 (online)

Year: 2024 Issue: 05 Volume: 133

Published: 14.05.2024 <http://T-Science.org>

Issue

Article



**Liya Ildarovna Borganova**

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University  
Master's Student  
Institute of Computer Science and Cybersecurity

**Oleg Yurievich Sabinin**

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University  
Candidate of Engineering Sciences, Docent  
Institute of Computer Science and Cybersecurity

## RESEARCH ON MIGRATION OF SOFTWARE COMPONENTS BETWEEN RELATIONAL DATABASES (USING THE EXAMPLE OF MIGRATION FROM ORACLE TO POSTGRESQL)

**Abstract:** In this article, the relevance of the transition to open database management systems is justified and the issue of migration between Oracle and PostgreSQL DBMS is considered. An overview of modern solutions for converting the code of software components written in the PL/SQL procedural language used in Oracle to PL/pgSQL used in PostgreSQL is conducted, and the stages of migration are analyzed. As a result, the algorithm of program migration between the two systems is described and the conversion processes of functions, procedures, triggers and packages are considered.

**Key words:** database management system, relational database, Oracle, PostgreSQL, migration of software components, migration of PL/SQL, PL/pgSQL.

**Language:** Russian

**Citation:** Borganova, L. I., & Sabinin, O. Yu. (2024). Research on migration of software components between relational databases (using the example of migration from oracle to postgresql). *ISJ Theoretical & Applied Science*, 05 (133), 35-39.

**Soi:** <http://s-o-i.org/1.1/TAS-05-133-9> **Doi:**  <https://dx.doi.org/10.15863/TAS.2024.05.133.9>

**Scopus ASCC:** 1700.

### ИССЛЕДОВАНИЕ МИГРАЦИИ ПРОГРАММНЫХ КОМПОНЕНТ МЕЖДУ РЕЛЯЦИОННЫМИ СУБД (НА ПРИМЕРЕ МИГРАЦИИ С ORACLE В POSTGRESQL)

**Аннотация:** В данной статье обосновывается актуальность перехода в открытые системы управления базами данных и рассматривается вопрос миграции между СУБД Oracle и PostgreSQL. Проводится обзор современных решений по конвертации кода программных компонент, написанных на процедурном языке PL/SQL, используемом в Oracle, в PL/pgSQL, используемом в PostgreSQL, и анализируются этапы миграции. В результате приводится описание алгоритма миграции программ между двумя системами и рассматриваются процессы конвертации функций, процедур, триггеров и пакетов.

**Ключевые слова:** система управления базами данных, реляционная база данных, Oracle, PostgreSQL, миграция программных компонент, миграция PL/SQL, PL/pgSQL.

#### Введение

Сейчас все больше организаций переходят с закрытых систем управления базами данных, таких как Oracle Database, на открытые альтернативы, такие как PostgreSQL. Это

обусловлено финансовыми выгодами, преимуществами открытого исходного кода, возможностью взаимодействия с сообществом разработчиков, а также рисками, связанными с

## Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317  
ISI (Dubai, UAE) = 1.582  
GIF (Australia) = 0.564  
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912  
ПИИЦ (Russia) = 3.939  
ESJI (KZ) = 8.771  
SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630  
PIF (India) = 1.940  
IBI (India) = 4.260  
OAJI (USA) = 0.350

зависимостью от поставщика закрытого продукта [1].

Миграция данных между Oracle и PostgreSQL, в особенности конвертация программного кода с PL/SQL на PL/pgSQL представляет собой сложную задачу, на которую направлено исследование данной статьи. PostgreSQL, обладая бесплатной полнофункциональной версией, открытым исходным кодом, расширяемой архитектурой и активным сообществом разработчиков, является мощным и гибким инструментом для применения во многих проектах [2].

### Обзор современных решений

Конвертация кода с PL/SQL на PL/pgSQL является сложной задачей из-за существенных различий в языках. Существуют два подхода: использование автоматизированных инструментов миграции или ручное преобразование кода. Автоматизированные инструменты, такие как Ora2pg и SQLines SQL Converter (открытые) или SQLWays и Ora2pgpro (закрытые), могут помочь в переносе SQL-запросов и конвертации процедур и функций, но перенос не всегда гарантирует полную и безошибочную работу и может требовать дополнительной ручной доработки. Ручное преобразование позволяет гибко управлять процессом и обрабатывать сложные случаи, но требует больше времени и усилий.

### Описание алгоритма миграции программных компонент между СУБД Oracle и PostgreSQL

Перед изучением процесса миграции необходимо выполнить ряд подготовительных этапов. Сначала требуется провести анализ различий между языками PL/SQL и PL/pgSQL. При разработке алгоритма следует учитывать сходства и различия в наборе типов данных, встроенных функций, в синтаксисе кода и т. п. Затем необходимо решить, использовать ли готовый инструмент миграции, или разработать собственный алгоритм, или взять за основу существующий. В данном случае было принято решение разработать собственный алгоритм, учитывающий все особенности конвертации программных компонент, таких как функции, процедуры, триггеры и пакеты, для максимальной адаптации к требованиям PL/SQL и PL/pgSQL и обеспечения успешной миграции.

Алгоритм миграции состоит из нескольких этапов:

- 1) экспорт в текстовый файл DDL-кода программных компонент из СУБД-источника;
- 2) выделение каждого объекта в полученном файле;

3) выполнение синтаксического анализа кода для каждого выделенного на втором этапе объекта и определение фрагментов кода, которые будут модифицированы;

4) модификация кода (замена типов данных, добавление ключевых слов и конструкций, изменение синтаксиса команд и т. п.);

5) сбор всех сконвертированных программных компонент в единый текстовый файл;

б) импорт объектов в целевую СУБД;

7) тестирование и анализ полученных результатов.

Для лучшей организации кода и для удобства изменения и хранения данных важно разделить программные компоненты на категории: пакеты, функции, процедуры и триггеры. Для выделения фрагментов кода применяются регулярные выражения, а затем каждый фрагмент анализируется на предмет необходимых модификаций. Идея заключается в разделении найденных элементов на группы, такие как "типы данных", "исключения", "ключевые слова" и т. д. для их последующей обработки.

Экспорт программных компонент PL/SQL выполнялся через среду разработки SQL Developer при помощи инструмента Export Wizard [3]. Процесс считывания объектов из файла экспорта начинается с функции, которой в качестве входных параметров передается текст файла и тип программного компонента. Предварительно в тексте файла удаляются строки с комментариями и ненужные пустые строки. Функция, которая выделяет объекты в файле, использует регулярные выражения. Для каждого типа объекта определяется уникальный шаблон, который затем используется для поиска совпадений в файле [4]. Найденные объекты хранятся в словаре массивов, где ключом является тип объект. Затем для каждого объекта запускается цикл конвертации кода в соответствии с типом программного компонента.

При конвертации программных компонент необходимо:

1) изменить синтаксис.

Например, для функций ключевое слово "RETURN" в PL/SQL заменяется на "RETURNS" в PL/pgSQL, а ключевые слова "IS" или "AS", используемые для объявления локальных переменных перед телом функции, заменяются на "DECLARE". Кроме того, требуется добавить новые конструкции, такие как указание языка PL/pgSQL с помощью ключевого слова "LANGUAGE plpgsql" и маркеры "\$\$", обозначающие начало и конец тела функции [5, стр. 428].

2) модифицировать SQL-запросы, встроенные функции, типы данных и обработку исключений.

## Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317  
ISI (Dubai, UAE) = 1.582  
GIF (Australia) = 0.564  
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912  
РИИЦ (Russia) = 3.939  
ESJI (KZ) = 8.771  
SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630  
PIF (India) = 1.940  
IBI (India) = 4.260  
OAJI (USA) = 0.350

Поскольку PostgreSQL поддерживает два варианта реализации процедур в зависимости от версии, необходимо модифицировать код для обоих случаев.

Первая реализация процедуры аналогична той, что используется в Oracle, создается с использованием ключевого слова PROCEDURE и не возвращает значения [6, стр. 141]. Поэтому помимо обработки содержимого, требуется лишь добавить маркеры \$\$ и указать LANGUAGE plpgsql. Вторая реализация процедуры создается с использованием ключевого слова FUNCTION и имеет тип возвращаемого значения VOID, что означает отсутствие возвращаемого значения. В этом случае, помимо обработки содержимого и добавления маркеров \$\$ и LANGUAGE plpgsql, необходимо заменить ключевое слово PROCEDURE на FUNCTION и указать тип возвращаемого значения RETURNS VOID.

Можно взять за основу готовый код для модификации функций и добавить в него новые преобразования, специфичные для обработки процедур.

При конвертации триггеров с PL/SQL на PL/pgSQL важно учитывать различия в подходах реализации кода. В PostgreSQL триггер создается через команду CREATE TRIGGER и обязательно связывается с функцией, которая выполняет действия триггера. В коде триггерной функции необходимо добавить маркеры \$\$ и указать LANGUAGE plpgsql в конце, а в качестве типа возвращаемого значения указать RETURNS TRIGGER [7].

Важно помнить, что в PostgreSQL при обращении к псевдозаписям OLD и NEW не нужно прописывать знак «:». Кроме того, PostgreSQL не поддерживает составные триггеры, как в Oracle. Для достижения подобного функционала можно создать несколько триггеров на одну таблицу для разных событий и/или различных моментов времени. В отличие от Oracle, в PostgreSQL существуют только некоторые типы триггеров событий, которые определяются на уровне базы данных и работают с командами DDL, такие как DDL\_COMMAND\_START и DDL\_COMMAND\_END. Поддержку дополнительных триггеров событий планируется добавить в будущих версиях СУБД PostgreSQL [8].

При миграции пакетов из Oracle в PostgreSQL, где отсутствует прямая поддержка пакетов, альтернативой являются схемы. Поэтому процесс миграции подразумевает создание схемы через команду CREATE SCHEMA и добавление содержимого пакета в эту схему.

Код пакета в Oracle состоит из спецификации и тела. В спецификации объявляются глобальные элементы такие как переменные, константы, курсоры, пользовательские типы данных и исключения, и также объявляются функции и процедуры с указанием имени, параметров и типа возвращаемого значения (для функций). Тело пакета содержит реализацию функций и процедур, инициализацию глобальных переменных, пользовательских исключений и курсоров, объявление локальных переменных, констант, курсоров, создание локальных переменных с типом данных, который был объявлен в спецификации пакета.

Для успешной конвертации пакетов в PostgreSQL применяются следующие шаги:

- 1) извлечение спецификации и тела пакета через регулярные выражения и запись их в отдельные массивы;
- 2) связывание спецификации и тела пакета по их названию;
- 3) создание схемы в PostgreSQL и присвоение привилегий на нее для пользователя public;
- 4) обработка глобальных элементов, включая создание пользовательских типов данных, замену коллекций на аналоги, замена синтаксиса курсора, а также обеспечение хранения глобальных переменных в таблице;
- 5) инициализация переменных, обработка функций и процедур в коде тела пакета и создание их в соответствующей схеме.

Импорт сконвертированных программных компонент проводился при помощи утилиты PSQL [9].

### Тестирование разработанной системы

Во время разработки программной реализации алгоритма выполнялось тестирование каждой отдельной функции, отвечающей за определённый этап конвертации, и всей программы в целом.

Проводились тестирования, когда в файле экспорта были представлены программные компоненты только одного типа и всех типов. Был протестирован и импорт сконвертированных объектов и их работоспособность в целевой СУБД.

Тестированию также подвергались различные типы данных, виды исключений, коллекции, ключевые слова и т. д.

На рис. 1 представлен вариант процедуры, выполняющей вставку данных в таблицу. В коде есть обработка пользовательского исключения.

## Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 1.582	ПИИЦ (Russia) = 3.939	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 8.771	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 7.184	OAJI (USA) = 0.350

```
-----  
-- DDL for Procedure ADD_EMPLOYEE  
-----  
set define off;  
  
CREATE OR REPLACE EDITIONABLE PROCEDURE "ADD_EMPLOYEE"  
(FIRST_NAME IN EMPLOYEES.FIRST_NAME%TYPE,  
LAST_NAME IN EMPLOYEES.LAST_NAME%TYPE,  
EMAIL IN EMPLOYEES.EMAIL%TYPE,  
JOB IN EMPLOYEES.JOB_ID%TYPE:= 'SA_REP',  
MGR IN EMPLOYEES.MANAGER_ID%TYPE:= 145,  
SAL IN EMPLOYEES.SALARY%TYPE:= 1000,  
COMM IN EMPLOYEES.COMMISSION_PCT%TYPE:= 0,  
DEPTID IN EMPLOYEES.DEPARTMENT_ID%TYPE:= 30)  
AS  
NO_DEPTID EXCEPTION;  
BEGIN  
IF VALID_DEPTID(DEPTID) THEN  
INSERT INTO EMPLOYEES  
VALUES(EMPLOYEES_SEQ.NEXTVAL, FIRST_NAME, LAST_NAME, EMAIL,  
NULL, TRUNC(SYSDATE), JOB, SAL, COMM, MGR, DEPTID);  
ELSE RAISE NO_DEPTID;  
END IF;  
EXCEPTION  
WHEN NO_DEPTID THEN  
DBMS_OUTPUT.PUT_LINE('Данного отдела не существует');  
END;  
/
```

Рисунок 1. Код процедуры на PL/SQL.

На рис. 2 представлен сконвертированный код процедуры на языке PL/pgSQL. Пользовательское исключение было заменено на конструкцию RAISE [10]. Также здесь произошла

замена встроенной SQL-функции TRUNC(SYSDATE) на DATE\_TRUNC('day', CURRENT\_DATE) и замена обращения к последовательности employees\_seq.

```
--PL/pgSQL--  
CREATE OR REPLACE PROCEDURE "ADD_EMPLOYEE"  
(FIRST_NAME IN EMPLOYEES.FIRST_NAME%TYPE,  
LAST_NAME IN EMPLOYEES.LAST_NAME%TYPE,  
EMAIL IN EMPLOYEES.EMAIL%TYPE,  
JOB IN EMPLOYEES.JOB_ID%TYPE DEFAULT 'SA_REP',  
MGR IN EMPLOYEES.MANAGER_ID%TYPE DEFAULT 145,  
SAL IN EMPLOYEES.SALARY%TYPE DEFAULT 1000,  
COMM IN EMPLOYEES.COMMISSION_PCT%TYPE DEFAULT 0,  
DEPTID IN EMPLOYEES.DEPARTMENT_ID%TYPE DEFAULT 30)  
AS $$  
DECLARE  
BEGIN  
IF "VALID_DEPTID" (DEPTID) THEN  
INSERT INTO EMPLOYEES  
VALUES(nextval('EMPLOYEES_SEQ'), FIRST_NAME, LAST_NAME, EMAIL,  
NULL, DATE_TRUNC('day', CURRENT_DATE), JOB, SAL, COMM, MGR, DEPTID);  
ELSE RAISE 'Данного отдела не существует' USING ERRCODE = '00001';  
END IF;  
END;  
$$ LANGUAGE plpgsql;
```

Рисунок 2. Код процедуры на PL/pgSQL.

На рис. 3 представлен код триггера, который выдаст ошибку, если изменяемое значение для

столбца таблицы выходит за пределы установленных значений.

```
-----  
-- DDL for Trigger check_comm_pct_trg  
-----  
CREATE OR REPLACE TRIGGER check_comm_pct_trg  
BEFORE INSERT OR UPDATE OF commission_pct ON employees  
FOR EACH ROW  
DECLARE  
BEGIN  
IF :NEW.commission_pct IS NOT NULL AND (:NEW.commission_pct < 0 OR :NEW.commission_pct > 0.55) THEN  
RAISE_APPLICATION_ERROR(-20001, 'Ошибка: Значение commission_pct должно быть между 0 и 0.55');  
END IF;  
END;  
/
```

Рисунок 3. Код триггера на PL/SQL.

## Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 1.582	ПИИЦ (Russia) = 3.939	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 8.771	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 7.184	OAJI (USA) = 0.350

На рис. 4 представлен сконvertированный код триггера и триггерной функции на языке PL/pgSQL. Здесь было изменено обращение к

псевдозаписям NEW и также был обработан вызов исключения.

```
--PL/pgSQL--
CREATE OR REPLACE FUNCTION check_comm_pct_trg_func() RETURNS TRIGGER AS
$$
BEGIN
    IF NEW.commission_pct IS NOT NULL AND (NEW.commission_pct < 0 OR NEW.commission_pct > 0.55) THEN
        RAISE NOTICE 'Ошибка: Значение commission_pct должно быть между 0 и 0.55';
    END IF;
    RETURN NEW;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;

CREATE OR REPLACE TRIGGER check_comm_pct_trg
BEFORE INSERT OR UPDATE OF commission_pct ON employees
FOR EACH ROW
EXECUTE FUNCTION check_comm_pct_trg_func();

/
```

Рисунок 4. Код триггера на PL/pgSQL.

Тестирование сконvertированного кода в целевой базе данных является критически важным этапом процесса миграции. Это позволяет убедиться в корректности работы программных компонентов в новой среде и идентифицировать любые потенциальные проблемы или несоответствия, которые могут возникнуть в результате конвертации.

Процесс тестирования включает в себя проверку функциональности сконvertированных объектов, их взаимодействия с другими компонентами системы, а также проверку производительности и надежности. Важно убедиться в соответствии результатов работы

сконvertированных компонент ожидаемым выходным данным.

### Выводы

Таким образом, изучение миграции программных компонентов с PL/SQL на PL/pgSQL показывает, что эта задача остается актуальной из-за существенных различий между языками и особенностями СУБД Oracle и СУБД PostgreSQL. Неполная поддержка необходимых объектов базы данных в существующих инструментах миграции подчеркивает сложность процесса. Полученные результаты могут быть полезны при решении задач миграции между другими реляционными СУБД.

## References:

1. Horstmann, J. (2005). *Migration to Open Source Databases*: Ph.D. thesis: Technical University (p.115). Berlin.
2. (2024). *Dokumentaciya k PostgreSQL 16.2*, Retrieved 15.04.2024 from <https://postgrespro.ru/docs/postgresql/16/index>
3. (2023). *How to Export Data using SQL Developer* - Retrieved 12.12.2023 from <https://www.oracle.com/database/technologies/appdev/sqldev/export-intro-1.html>
4. (2024). *Dokumentaciya po Python. re - Regular expression operations*. Retrieved 10.03.2024 from <https://docs.python.org/3/library/re.html>
5. Novikov, B. A., Gorshkova, N. G., Grafeeva, N. G., pod red. E. V. Rogova. (2020). *Osnovy tekhnologii baz dannyh: uchebnoe posobie. 2-e izd.* (p.582). Moscow: DMK Press.
6. Andreeva, N. V., Kozhevnikov, V. A., & Sabinin, O. Yu. (2019). *Programmirovaniye baz dannyh: osnovy PL/SQL: uchebnik.* (p.183). SPb.: izd-vo Politekhn. un-ta.
7. (2024). *Triggernyye funktsii* - Retrieved 17.04.2024 from <https://postgrespro.ru/docs/postgresql/16/plpgsql-trigger>
8. (2024). *Obzor mekhanizma raboty triggerov sobytiy* - Retrieved 17.04.2024 from <https://postgrespro.ru/docs/postgresql/16/event-trigger-definition#EVENT-TRIGGER-DEFINITION>
9. (2023). *Utilita PSQL* - Retrieved 12.12.2023 from <https://postgrespro.ru/docs/postgresql/15/app-psql>