

Научный семинар по информационным технологиям
(ЮУрГУ, Челябинск 30 сентября 2019 г.)

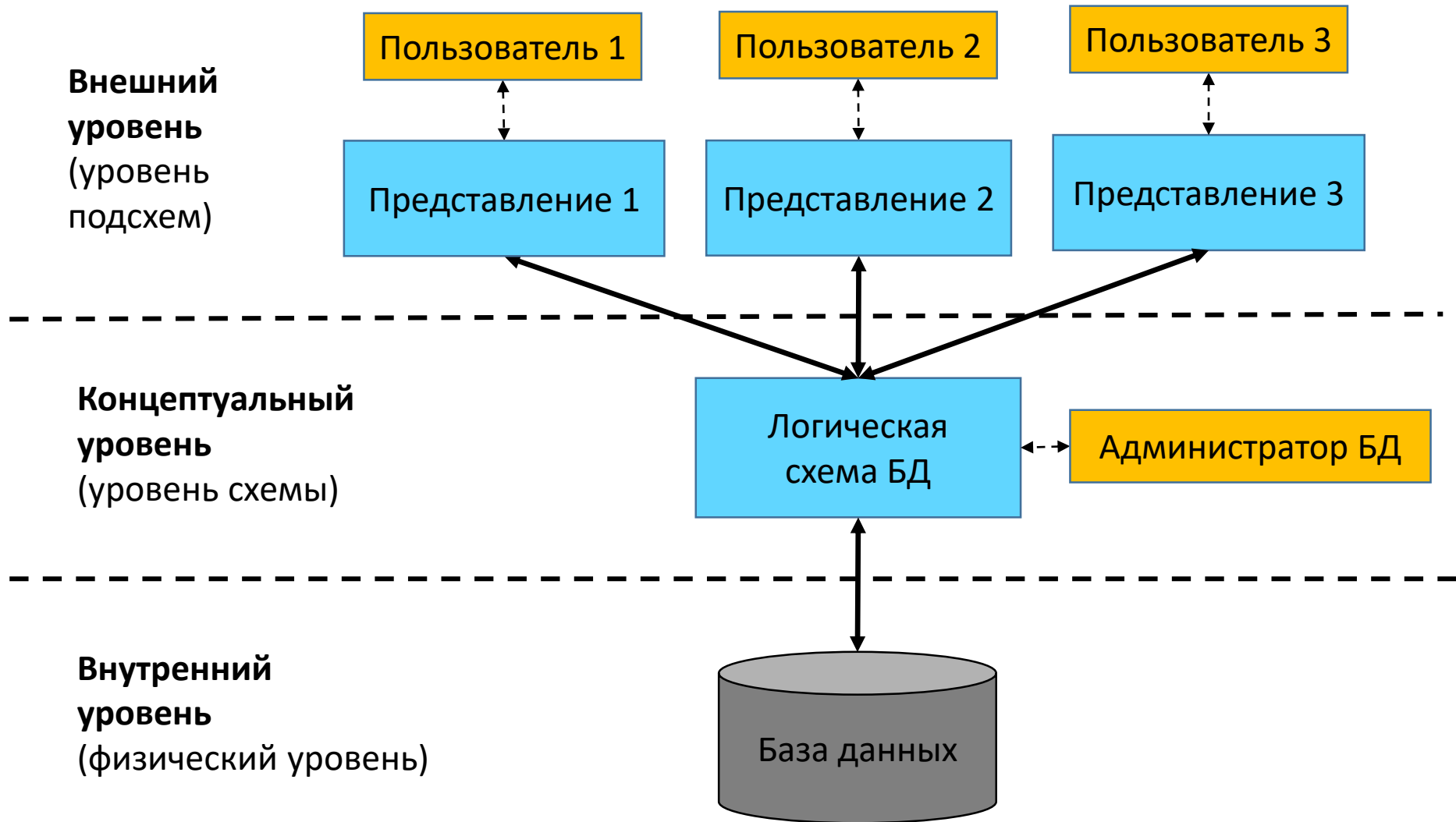
ОБНОВЛЕНИЕ МНОГОТАБЛИЧНЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ НА ОСНОВЕ КОММУТАТИВНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ БАЗ ДАННЫХ

В.С. Зыкин

Омский государственный технический университет

Научный руководитель:
ЦЫМБЛЕР Михаил Леонидович,
кандидат физ.-мат. наук, доцент

Архитектура ANSI–SPARC



Проблема обновления представлений

Представления



UPDATE VIEW

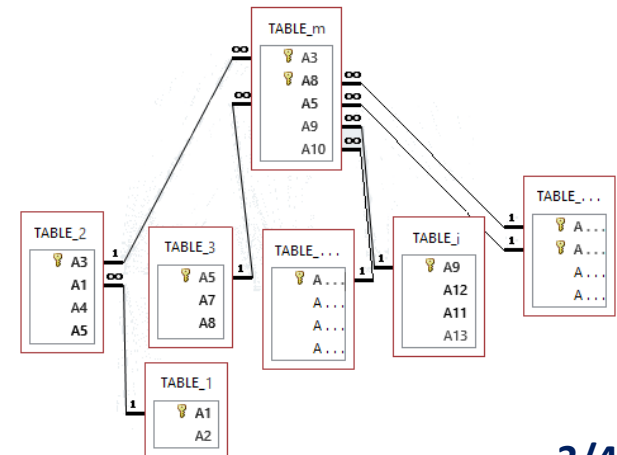
VIEW

A2	A3	A4	...	AN
V21	V31	V41	...	VN1
V22	V32	V42	...	VN2
...	...	...	...	...

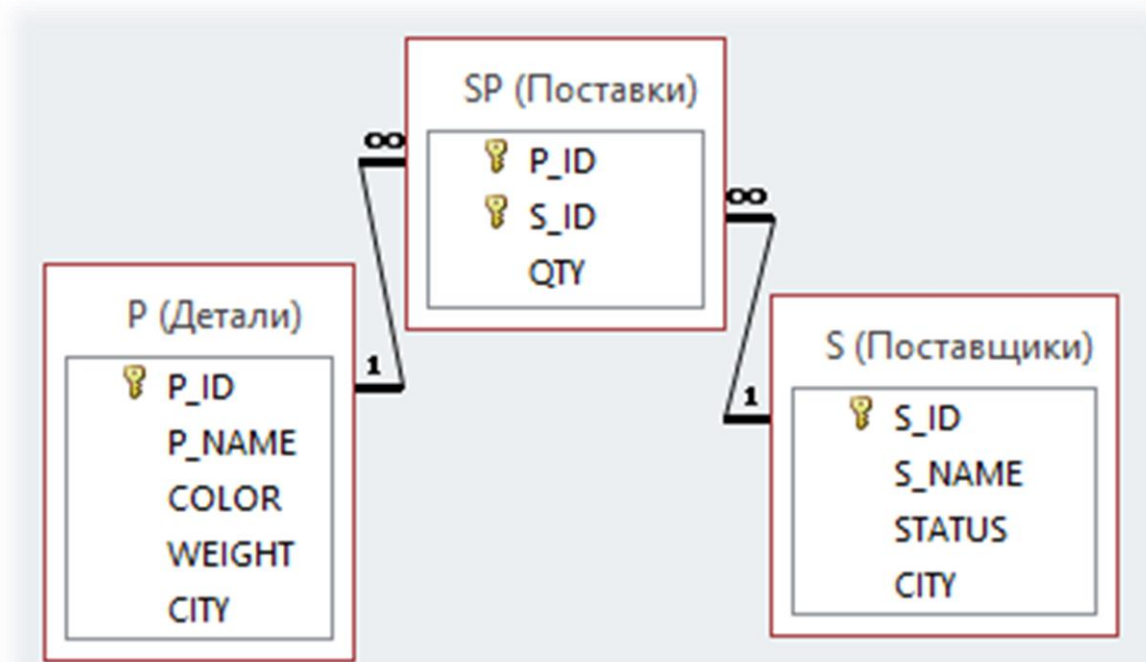
Отношения

СУБД

TRANSACTION
UPDATE TABLE_1
...
UPDATE TABLE_m



База данных «Поставки»*



* Дейт К. Введение в системы баз данных, 8-е издание.: Пер. с англ. – М.: Вильямс, 2005. — 1328 с.

Представление

```
CREATE VIEW RELIABLE_SUP AS  
SELECT
```

```
    S.S_ID,  
    S.S_NAME,  
    S.STATUS,  
    S.CITY
```

```
FROM S
```

```
WHERE S.STATUS > 10.0;
```

RELIABLE_SUP

S_ID	S_NAME	STATUS	CITY
7	DHL	17.0	Omsk
8	PEC	18.0	Tula
10	DelLin	11.0	Ufa
11	EMS	11.0	Omsk

```
CREATE TABLE S
```

```
(
```

```
    S_ID INT,  
    S_NAME CHAR(15),  
    STATUS DECIMAL(5,1),  
    CITY CHAR(15),  
    PRIMARY KEY ( S_ID )
```

```
) ;
```

S

S_ID	S_NAME	STATUS	CITY
7	DHL	17.0	Omsk
8	PEC	18.0	Tula
10	DelLin	11.0	Ufa
11	EMS	11.0	Omsk
13	CDEK	9.0	Omsk

Обновление представлений

RELIABLE_SUP

S_ID	S_NAME	STATUS	CITY
7	DHL	17.0	Omsk
8	PEC	18.0	Tula
10	DelLin	11.0	Ufa
11	EMS	11.0	Omsk

UPDATE RELIABLE_SUP
SET STATUS=STATUS-4
WHERE S_ID = 8;

RELIABLE_SUP

S_ID	S_NAME	STATUS	CITY
7	DHL	17.0	Omsk
8	PEC	14.0	Tula
10	DelLin	11.0	Ufa
11	EMS	11.0	Omsk

Представления

S

S_ID	S_NAME	STATUS	CITY
7	DHL	17.0	Omsk
8	PEC	18.0	Tula
10	DelLin	11.0	Ufa
11	EMS	11.0	Omsk
13	CDEK	9.0	Omsk

BEGIN TRANSACTION
DELETE FROM S ...
INSERT INTO S ...
COMMIT TRANSACTION

S

S_ID	S_NAME	STATUS	CITY
7	DHL	17.0	Omsk
8	PEC	14.0	Tula
10	DelLin	11.0	Ufa
11	EMS	11.0	Omsk
13	CDEK	9.0	Omsk

Отношения

Многотабличные представления

```
CREATE VIEW REL_SUP_DLVR AS
SELECT
    SP.P_ID
    SP.QTY
    S.CITY
FROM S, SP
WHERE S.S_ID = SP.S_ID AND
STATUS > 10;
```

REL_SUP_DLVR

P_ID	QTY	CITY
2	25	Omsk
1	30	Ufa

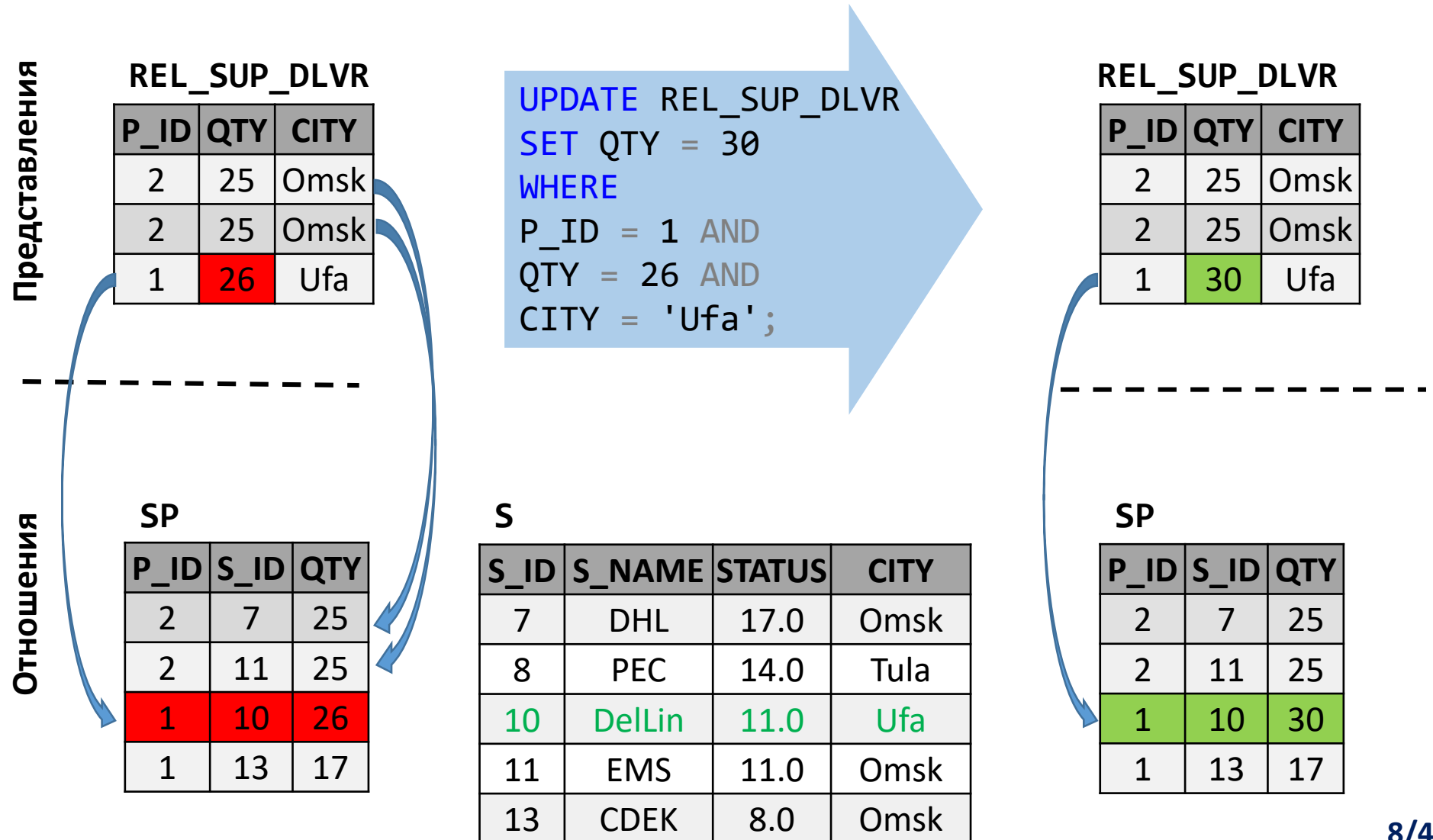
SP

P_ID	S_ID	QTY
2	7	25
2	11	25
1	10	30
1	13	17

S

S_ID	S_NAME	STATUS	CITY
7	DHL	17.0	Omsk
8	PEC	14.0	Tula
10	DelLin	11.0	Ufa
11	EMS	11.0	Omsk
13	CDEK	9.0	Omsk

Обновление многотабличных представлений



Многотабличные представления

```
CREATE VIEW REL_SUP_DLVR AS
SELECT DISTINCT
    SP.P_ID
    SP.QTY
    S.CITY
FROM S, SP
WHERE S.S_ID = SP.S_ID AND
STATUS > 10;
```

REL_SUP_DLVR

P_ID	QTY	CITY
2	25	Omsk
1	30	Ufa

SP

P_ID	S_ID	QTY
2	7	25
2	11	25
1	10	30
1	13	17

S

S_ID	S_NAME	STATUS	CITY
7	DHL	17.0	Omsk
8	PEC	14.0	Tula
10	DelLin	11.0	Ufa
11	EMS	11.0	Omsk
13	CDEK	9.0	Omsk

Обновление многотабличных представлений

Представления

REL_SUP_DLVR

P_ID	QTY	CITY
2	25	Omsk
1	30	Ufa

```
UPDATE REL_SUP_DLVR
SET CITY= 'Tula'
WHERE
P_ID = 2 AND
QTY = 25 AND
CITY = 'Omsk';
```

REL_SUP_DLVR

P_ID	QTY	CITY
2	25	Tula
1	30	Ufa

Отношения

SP

P_ID	S_ID	QTY
2	7	25
2	11	25
1	10	30
1	13	17

S

S_ID	S_NAME	STATUS	CITY
7	DHL	17.0	Omsk
8	PEC	14.0	Tula
10	DelLin	11.0	Ufa
11	EMS	11.0	Omsk
13	CDEK	8.0	Omsk

SP

P_ID	S_ID	QTY
1	10	30
1	13	17
2	8	25

Обновление многотабличных представлений

Представления

REL_SUP_DLVR

P_ID	QTY	CITY
2	25	Omsk
1	30	Ufa



```
UPDATE REL_SUP_DLVR  
SET CITY= 'Tula'  
WHERE  
P_ID = 2 AND  
QTY = 25 AND  
CITY = 'Omsk';
```

REL_SUP_DLVR

P_ID	QTY	CITY
2	25	Tula
1	30	Ufa

Отношения

SP

P_ID	S_ID	QTY
2	7	25
2	11	25
1	10	30
1	13	17

Cannot update the
view 'REL_SUP_DLVR'

SP

P_ID	S_ID	QTY
2	7	25
2	11	25
1	10	30
1	13	17

Многотабличные представления

```
CREATE VIEW MT_VIEW AS  
SELECT DISTINCT
```

```
    R1.A2,
```

```
    R2.A3
```

```
    ...
```

```
    Rm.AN
```

```
FROM R1, R2, ..., Rm
```

```
WHERE
```

```
    R1.A1 = R2.A1 AND
```

```
    R1.A3 = R3.A3
```

```
AND ... AND
```

```
    R1.A5 = Rm.A5 AND ... AND F;
```

MT_VIEW

A2	A3	A4	...	AN
V21	V31	V41	...	VN1
V22	V32	V42	...	VN2
...	...	...	...	...

R1

A1	A2
V11	V21
V12	V22
...	...

R2

A1	...	...	A5
V11	...	...	V51
V12	...	...	V52
...	...	...	...

...

Rm

A5	...	...	AN
V51	...	...	VN1
V52	...	...	VN2
...	...	...	...

Многотабличные представления

```
CREATE VIEW MT_VIEW AS  
SELECT DISTINCT
```

```
    R1.A2,
```

```
    R2.A3
```

```
    ...
```

```
    Rm.AN
```

```
FROM R1, R2, ..., Rm
```

```
WHERE
```

```
    R1.A1 = R2.A1 AND
```

```
    R1.A3 = R3.A3
```

```
    AND ... AND
```

```
    R1.A5 = Rm.A5 AND ... AND F;
```

MT_VIEW

A2	A3	A4	...	AN
V21	V31	V41	...	VN1
V22	V32	V42	...	VN2
...	...	...	...	...

Условие соединения
базовых таблиц

Условие отбора кортежей
из базовых таблиц

R1

A1	A2
V11	V21
V12	V22
...	...

R2

A1	...	...	A5
V11	...	...	V51
V12	...	...	V52
...	...	...	...

...

Rm

A5	...	...	AN
V51	...	...	VN1
V52	...	...	VN2
...	...	...	...

Представления

Отношения

Обновление многотабличных представлений

Представления

MT_VIEW

A2	A3	A4	...	AN
V21	V31	V41	...	VN1
V22	V32	V42	...	VN2
V23	V33	V43	...	VN4
...	...	...	...	...

MT_VIEW

A2	A3	A4	...	AN
V21	V31	V41	...	VN1
V22	V32	V42	...	VN3
V23	V33	V43	...	VN4
...	...	...	...	...

UPDATE MT_VIEW
SET AN = VN3
WHERE
A2 = V22

Отношения

Rm

A5	...	...	AN
V51	...	...	VN1
V52	...	...	VN2
V53	...	...	VN2
V54	...	...	VN2
V55	...	...	VN4
...	...	...	...

Rm

A5	...	...	AN
V51	...	...	VN1
V52	...	...	VN3
V53	...	...	VN3
V54	...	...	VN4
...	...	...	...

Cannot update the
view 'MT_VIEW'.

Обновление многотабличных представлений. Стандарт SQL*

К представлению применимы операции обновления только в том случае, если:

- отсутствует ключевое слово DISTINCT
- отсутствуют повторяющиеся столбцы в разделе SELECT
- отсутствуют разделы GROUP BY и HAVING

* ISO/IEC 9075-11:2016 Information technology. Database languages. SQL. Part 11: Information and Definition Schemas (SQL/Schemata). Washington. 2016. 327 p.

Стандарт SQL. Использование триггеров

SP

P_ID	S_ID	QTY
1	10	30
1	13	17

S

S_ID	S_NAME	STATUS	CITY
...	...	...	...
13	CDEK	8.0	Omsk

INSERT INTO SP
VALUES
(2, 10, 10);

```
TRIGGER INSERT_SP  
AFTER INSERT ON SP  
BEGIN  
  UPDATE S  
  SET STATUS = STATUS + 1  
  WHERE S_ID = 10;  
END
```

SP

P_ID	S_ID	QTY
1	10	30
1	13	17
2	10	10

S

S_ID	S_NAME	STATUS	CITY
...	...	...	...
13	CDEK	9.0	Omsk

Стандарт SQL. Использование триггеров

Представления

REL_SUP_DLVR

P_ID	QTY	CITY
2	25	Omsk
1	30	Ufa

```
UPDATE REL_SUP_DLVR
SET CITY= 'Tula'
WHERE
P_ID = 2 AND
QTY = 25 AND
CITY = 'Omsk';
```

REL_SUP_DLVR

P_ID	QTY	CITY
2	25	Tula
1	30	Ufa

Отношения

SP

P_ID	S_ID	QTY
2	7	25
2	11	25
1	10	30
1	13	17

```
TRIGGER UPDATE_SUP
INSTEAD OF UPDATE ON REL_SUP_DLVR
BEGIN TRANSACTION
  DELETE FROM SP WHERE ...
  INSERT INTO SP SELECT ...
COMMIT TRANSACTION
```

SP

P_ID	S_ID	QTY
1	10	30
1	13	17
2	8	25

Недостатки триггеров

- Триггеры требуется разрабатывать для каждой отдельной базы данных и для каждого представления
- Накладные расходы СУБД:
 - блокировка ресурсов
 - проверка наступления события триггера
 - поддержка временных таблиц
- Последовательность запуска триггеров одного события не детерминирована
- Не действует на данные которые были добавлены до создания триггера

Обзор аналогов

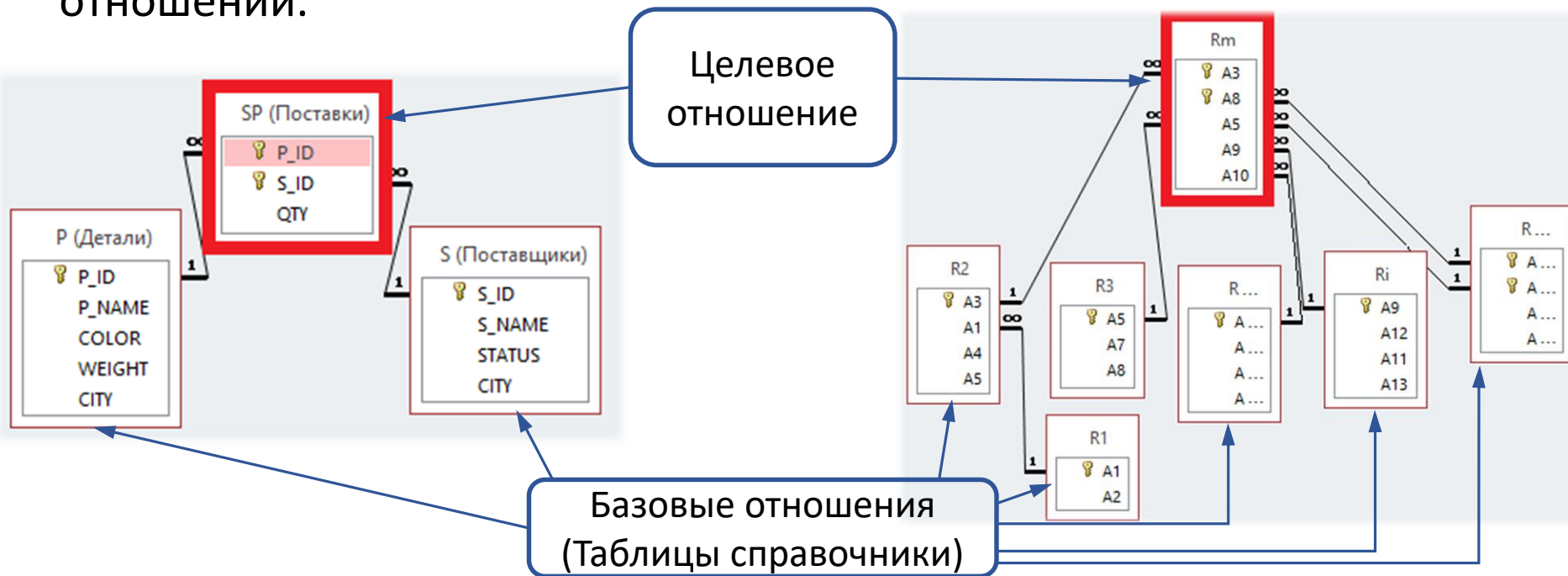
1	Bancilhon F., Spyratos N. Update Semantics of Relational Views. ACM Trans. Database Syst. 1981. vol. 6, no. 4. pp. 557–575.	Понятие преобразований, их свойства
2	Dayal U., Bernstein P.A. On the Correct Translation of Update Operations on Relational Views. ACM Trans. Database Syst. 1982. vol. 7, no. 3. pp. 381–416.	Соответствие пользовательских представлений и исходной БД
3	Masunaga Y. A Relational Database View Update Translation Mechanism. VLDB'84, 1984. pp. 309–320.	Неавтоматизированный процесс обновления
4	Keller A. Algorithms for Translating View Updates to Database Updates for Views Involving Selections, Projections and Joins. PODS'85. 1985. pp. 154–163.	Необходимость наличия в представлении первичных ключей
5	Langerak R. View Updates in Relational Databases with an Independent Scheme. ACM Trans. Database Syst. 1990. vol. 15, no. 1. pp. 40–66.	Репрезентативный экземпляр
6	Bertossi L., Salimi B. Causes for Query Answers from Databases: Datalog Abduction, View-updates, and Integrity Constraints. Int. J. Approx. Reason. 2017. vol. 90. pp. 226–252.	Обновление представления как подготовка данных для машинного обучения
7	Masunaga Y., Nagata Y., Ishii T. Making Join Views Updatable on Relational Database Systems in Theory and in Practice. IMCOM 2019. vol. 935. pp. 823-840.	Обновление представления с использованием триггеров Postgres

Обновление многотабличных представлений на основе коммутативных преобразований

- Понятия
 - Целевое отношение
 - Коммутативное преобразование
- Теоремы о корректности коммутативных преобразований
- Сопроцессор коммутативных преобразований
- Вычислительные эксперименты

Целевое отношение

- Отношения $R_1, \dots, R_m$ должны иметь упорядочение по внешним ключам. Ссылающееся отношение должно стоять после отношения, указанного в ссылке.
- Отношение R_m назовем **целевым**, если нет ссылающихся на него отношений.



Нотация и обозначения

- $\bowtie_{i=1}^m R_i := R_1 \bowtie R_2 \bowtie \dots \bowtie R_m.$

- Q – многотабличное представление:

$$Q := \pi_{X_0} \left(\sigma_F \left(\bowtie_{i=1}^m \pi_{X_i}(R_i) \right) \right),$$

где:

- X_0 – заголовок Q ;
- F – условия отбора кортежей;
- $\langle R_i \rangle$ – заголовок отношения R_i .
- $\langle F \rangle$ – множество атрибутов из условий F .
- X_i – избыточное множество атрибутов в R_i .

REL_SUP_DLVR (Q)

P_ID	QTY	CITY
2	25	Omsk
1	30	Ufa

X_0

F : **STATUS** > 10

$\langle F \rangle = \{\mathbf{STATUS}\}$

S (R_1)

$\langle R_1 \rangle$	S_ID	S_NAME	STATUS	CITY
	7	DHL	17.0	Omsk
	8	PEC	14.0	Tula
	10	DelLin	11.0	Ufa
	11	EMS	11.0	Omsk
	13	CDEK	9.0	Omsk

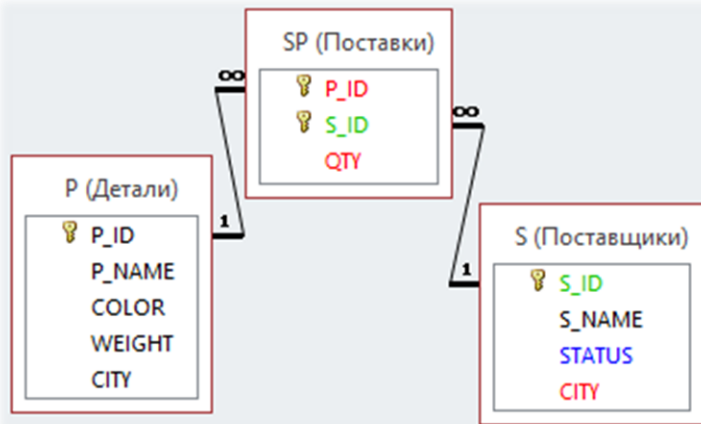
SP (R_m)

$\langle R_m \rangle$	P_ID	S_ID	QTY
	2	7	25
	2	11	25
	1	10	30
	1	13	17

Неизбыточное множество атрибутов

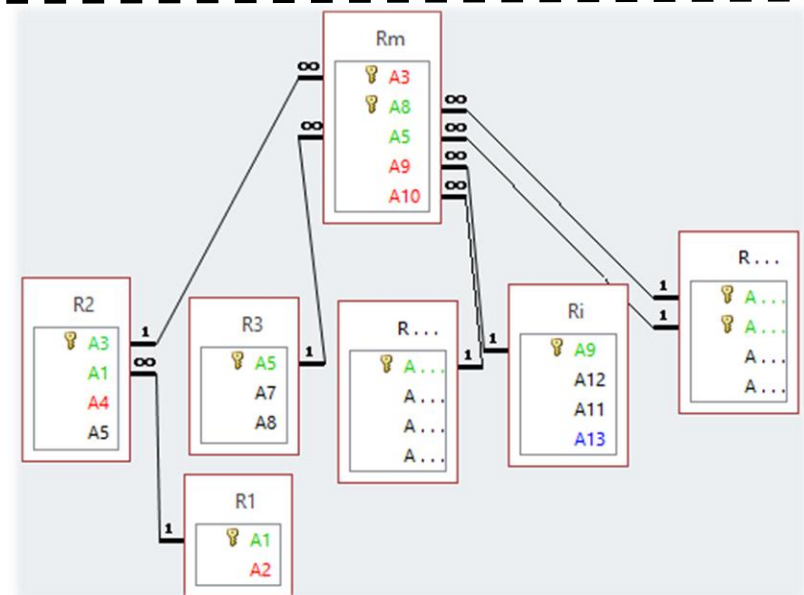
Атрибут $A \in \langle R_i \rangle$ входит в избыточное множество атрибутов отношения R_i (обозначаемое как X_i), если выполняется одно из следующих условий:

1. $A \in X_0$
2. $\exists R_\ell: A \in \langle R_\ell \rangle, \ell \neq i$
3. $A \in \langle F \rangle$



```
CREATE VIEW REL_SUP_DLVR AS
SELECT SP.P_ID, SP.QTY, S.CITY
FROM S, SP
WHERE S.S_ID = SP.S_ID AND STATUS > 10;
```

$$X_i = \begin{cases} X_1 = \{S_ID, STATUS, CITY\} \\ X_m = \{P_ID, S_ID, QTY\} \end{cases}$$



Основные определения

- Совокупность всех значений данных в БД в некоторый момент времени, будем называть ***состоянием базы данных***
 - $D = \{d_1, \dots, d_i, \dots, d_j, \dots\}$ — множество состояний базы данных
- Совокупность всех значений в представлении Q будем называть ***состоянием представления***
 - $V = \{v_1, \dots, v_i, \dots, v_j, \dots\}$ — множество состояний представления

Коммутативные преобразования базы данных

Транзакция Tr является **коммутативным преобразованием** для операции U , если и только если выполняется $U(Q(d)) = Q(Tr(d))$

$$\begin{array}{ccc} & U & \\ v_i & \longrightarrow & v_j \\ Q \uparrow & & \uparrow Q \\ d_i & \xrightarrow{Tr} & d_j \end{array}$$

где

- d_i – исходное состояние БД;
- v_i – исходное состояние представления Q ;
- v_j – состояние представления после операции обновления U ;
- d_j – состояние БД после выполнения транзакции Tr ;
- U – операция обновления представления, переводящая представление из состояния v_i в состояние v_j ;
- Tr – транзакция, переводящая базу данных из состояния d_i в состояние d_j .

Коммутативность последовательности операций обновления

Теорема 0

Последовательность двух коммутативных преобразований является коммутативным преобразованием.

Доказательство:

Пусть есть две операции обновления представления:

$$U_1: v_i \rightarrow v_j \text{ и } U_2: v_j \rightarrow v_k$$

И соответствующие им операции преобразования БД:

$$Tr_1: d_i \rightarrow d_j \text{ и } Tr_2: d_j \rightarrow d_k$$

Покажем, что последовательность преобразований $Tr_1; Tr_2$ будет коммутативным преобразованием.

По коммутативности второй операции имеем:

$$U_2 \left(Q(d_j) \right) = Q \left(Tr_2(d_j) \right), \quad (0)$$

где:

$Q(d_j) = v_j = U_1(Q(d_i))$ и $d_j = Tr_1(d_i)$. Подставляем данные значения в (0):

$$U_2 \left(U_1(Q(d_i)) \right) = Q \left(Tr_2(Tr_1(d_i)) \right)$$

Следовательно, последовательность двух коммутативных преобразований есть коммутативное преобразование.

Удаление записи из представления

Представления

REL_SUP_DLVR (Q)

P_ID	QTY	CITY
2	25	Omsk
1	30	Ufa

X_0 points to the header row.

t points to the row (2, 25, Omsk).

(1) DELETE (Q, t) := $R_m \setminus \pi_{\langle R_m \rangle}(T_D)$

$$T_D := \pi_{X_0} \left(\sigma_{c_{del}} \left(\bowtie_{i=1}^m \pi_{X_i}(R_i) \right) \right)$$

$$c_{del} := F \wedge (X_0 \equiv \langle t \rangle)$$

F : STATUS > 10

$(X_0 \equiv \langle t \rangle)$:

P_ID = 2 &

QTY = 25 &

CITY = 'Omsk'

Отношения

S (R_1)

S_ID	S_NAME	STATUS	CITY
7	DHL	17.0	Omsk
8	PEC	14.0	Tula
10	DelLin	11.0	Ufa
11	EMS	11.0	Omsk
13	CDEK	8.0	Omsk

SP (R_m)

P_ID	S_ID	QTY
2	7	25
2	11	25
1	10	30
1	13	17

T_D points to the row (2, 11, 25).

Удаление записи из представления

Теорема 1.*

Пусть имеется:

- набор отношений $R_1, \dots, R_{m-1}$
- целевое отношение R_m
- представление Q
- выбранная для удаления запись t

Тогда операция **(1)** удаления записи t из представления Q коммутативна.

$$\text{DELETE}(Q, u) := R_m \setminus \pi_{\langle R_m \rangle}(T_D)$$

$$T_D := \pi_{X_0} \left(\sigma_{c_{del}} \left(\bowtie_{i=1}^m \pi_{X_i}(R_i) \right) \right) \quad (1)$$

$$c_{del} := F \wedge (X_0 \equiv \langle t \rangle)$$

* **Доказательство.** Зыкин С.В., Зыкин В.С. Коммутативные преобразования в базе данных при редактировании многотабличных запросов // Информационные технологии. 2018. Т. 24, № 5. С. 330–338.

Удаление записи из представления

Теорема 1. Доказательство*

1. Покажем, что кортеж t будет отсутствовать в v' .
Допустим обратное: $t \in v'$
2. Покажем, что не произошло удаление лишних кортежей.
Предположим обратное: кортеж t' : $t' \in v$; $t' \neq t$ отсутствует в v'

$$\text{DELETE}(Q, u) := R_m \setminus \pi_{\langle R_m \rangle}(T_D)$$

$$T_D := \pi_{X_0} \left(\sigma_{c_{del}} \left(\bowtie_{i=1}^m \pi_{X_i}(R_i) \right) \right) \quad (1)$$
$$c_{del} := F \wedge (X_0 \equiv \langle t \rangle)$$

* **Доказательство.** Зыкин С.В., Зыкин В.С. Коммутативные преобразования в базе данных при редактировании многотабличных запросов // Информационные технологии. 2018. Т. 24, № 5. С. 330–338.

Удаление записи из представления

Представления

REL_SUP_DLVR (Q)

P_ID	QTY	CITY
2	25	Omsk
1	30	Ufa

t

DELETE FROM REL_SUP_DLVR
WHERE

P_ID = 2 AND
QTY = 25 AND
CITY = 'Omsk';

REL_SUP_DLVR (Q)

P_ID	QTY	CITY
1	30	Ufa

Отношения

SP (R_m)

P_ID	S_ID	QTY
2	7	25
2	11	25
1	10	30
1	13	17

T_D

S (R_1)

S_ID	S_NAME	STATUS	CITY
7	DHL	17.0	Omsk
8	PEC	14.0	Tula
10	DelLin	11.0	Ufa
11	EMS	11.0	Omsk
13	CDEK	8.0	Omsk

SP (R_m)

P_ID	S_ID	QTY
1	10	30
1	13	17

Удаление записи из представления

Представления

MT_VIEW

A2	A3	A4	...	AN
V21	V31	V41	...	VN1
V22	V32	V42	...	VN2
V23	V33	V43	...	VN4
...	...	...	...	...

t

DELETE FROM MT_VIEW
WHERE

A2 = V22 AND

A3 = V32 AND

...

AN = VN2;

MT_VIEW

A2	A3	A4	...	AN
V21	V31	V41	...	VN1
V23	V33	V43	...	VN4
...	...	...	...	...

Отношения

Rm

A5	...	...	AN
V51	...	...	VN1
V52	...	...	VN2
V53	...	...	VN2
V54	...	...	VN2
V55	...	...	VN4
...	...	...	...

T_D

Rm

A5	...	...	AN
V51	...	...	VN1
V54	...	...	VN4
...	...	...	...

Вставка записи в представление

Представления

REL_SUP_DLVR (Q)

P_ID	QTY	CITY
2	25	Tula
1	30	Ufa

t

$$(2) \quad \text{INSERT}(Q, t) := R_m \cup T_I$$

$$T_I := \pi_{X_m}(\sigma_F(T'_I \cup t))$$

$$T'_I := \pi_Y\left(\sigma_{c_{ins}}\left(\bowtie_{i=1}^{m-1} \pi_{X_i}(R_i)\right)\right)$$

$$Z := X_0 \cap \bigcup_{i=1}^{m-1} X_i$$

$$Y := (\langle R_m \rangle \cup \langle F \rangle \cup X_0) \cap \bigcup_{i=1}^{m-1} X_i$$

$$c_{ins} := F' \wedge (Z \equiv \langle \pi_Z(t) \rangle)$$

Отношения

SP (R_m)

P_ID	S_ID	QTY
13	16	25
8	16	25

T_I

S (R_1)

S_ID	S_NAME	STATUS	CITY
7	DHL	17.0	Omsk
8	PEC	14.0	Tula
10	DelLin	11.0	Ufa
11	EMS	11.0	Omsk
13	CDEK	8.0	Omsk

F : **STATUS** > 10

$(Z \equiv \langle t[Z] \rangle)$:

CITY = 'Omsk'

$\langle F' \rangle = \langle F \rangle / X_m$

$Z = \{\text{CITY}\}$

$Y = \{\text{S_ID}, \text{STATUS}, \text{CITY}\}$

Вставка записи в представление

Теорема 2.*

Пусть имеется:

- набор отношений $R_1, \dots, R_{m-1}$;
- целевое отношение R_m ;
- представление Q ;
- подлежащая вставке запись t ;
- $T \neq \emptyset$ и $T' \neq \emptyset$.

Тогда формула **(2)** вставки записи t в представление Q коммутативна.

$$(2) \quad \text{INSERT}(Q, t) := R_m \cup T_I$$

$$T_I := \pi_{X_m}(\sigma_F(T'_I \cup t))$$

$$T'_I := \pi_Y\left(\sigma_{c_{ins}}\left(\bowtie_{i=1}^{m-1} \pi_{X_i}(R_i)\right)\right)$$

$$Z := X_0 \cap \bigcup_{i=1}^{m-1} X_i$$

$$Y := (\langle R_m \rangle \cup \langle F \rangle \cup X_0) \cap \bigcup_{i=1}^{m-1} X_i$$

$$c_{ins} := F' \wedge (Z \equiv \langle \pi_Z(t) \rangle)$$

* **Доказательство.** Зыкин С.В., Зыкин В.С. Коммутативные преобразования в базе данных при редактировании многотабличных запросов // Информационные технологии. 2018. Т. 24, № 5. С. 330–338.

Вставка записи в представление

Теорема 2. Доказательство*

1. Необходимо показать, что все кортежи из представления ν принадлежат ν'
2. Необходимо показать, что при добавлении записи в Q не будет добавлено лишних записей

$$(2) \quad \text{INSERT}(Q, t) := R_m \cup T_I$$

$$T_I := \pi_{X_m}(\sigma_F(T'_I \cup t))$$

$$T'_I := \pi_Y\left(\sigma_{c_{ins}}\left(\bowtie_{i=1}^{m-1} \pi_{X_i}(R_i)\right)\right)$$

$$Z := X_0 \cap \bigcup_{i=1}^{m-1} X_i$$

$$Y := (\langle R_m \rangle \cup \langle F \rangle \cup X_0) \cap \bigcup_{i=1}^{m-1} X_i$$

$$c_{ins} := F' \wedge (Z \equiv \langle \pi_Z(t) \rangle)$$

* **Доказательство.** Зыкин С.В., Зыкин В.С. Коммутативные преобразования в базе данных при редактировании многотабличных запросов // Информационные технологии. 2018. Т. 24, № 5. С. 330–338.

Вставка записи в представление

Представления

REL_SUP_DLVR		
P_ID	QTY	CITY
1	30	Ufa

```
INSERT INTO REL_SUP_DLVR  
VALUES  
( 2, 25, 'Tula' );
```

REL_SUP_DLVR		
P_ID	QTY	CITY
2	25	Tula
1	30	Ufa

t

Отношения

SP		
P_ID	S_ID	QTY
1	10	30
1	13	17

S			
S_ID	S_NAME	STATUS	CITY
7	DHL	17.0	Omsk
8	PEC	14.0	Tula
10	DelLin	11.0	Ufa
11	EMS	11.0	Omsk
13	CDEK	8.0	Omsk

SP		
P_ID	S_ID	QTY
1	10	30
1	13	17
2	8	25

T_I

Вставка записи в представление

Представления

MT_VIEW

A2	A3	A4	...	AN
V21	V31	V41	...	VN1
V23	V33	V43	...	VN4
...	...	...	...	...

MT_VIEW

A2	A3	A4	...	AN
V21	V31	V41	...	VN1
V22	V32	V42	...	VN3
V23	V33	V43	...	VN4
...	...	...	...	...

t

INSERT INTO SP_VIEW
VALUES
(V22, V32,
V42, ..., VN3);

Отношения

Rm

A5	...	...	AN
V51	...	...	VN1
V55	...	...	VN4
...	...	...	...

Rm

A5	...	...	AN
V51	...	...	VN1
V52	...	...	VN3
V53	...	...	VN3
V54	...	...	VN4
...	...	...	...

T_I

Обновление записи в представлении

$$UPDATE(Q, t, t') := DELETE(Q, t); INSERT(Q, t') \quad (3)$$

Теорема 3.

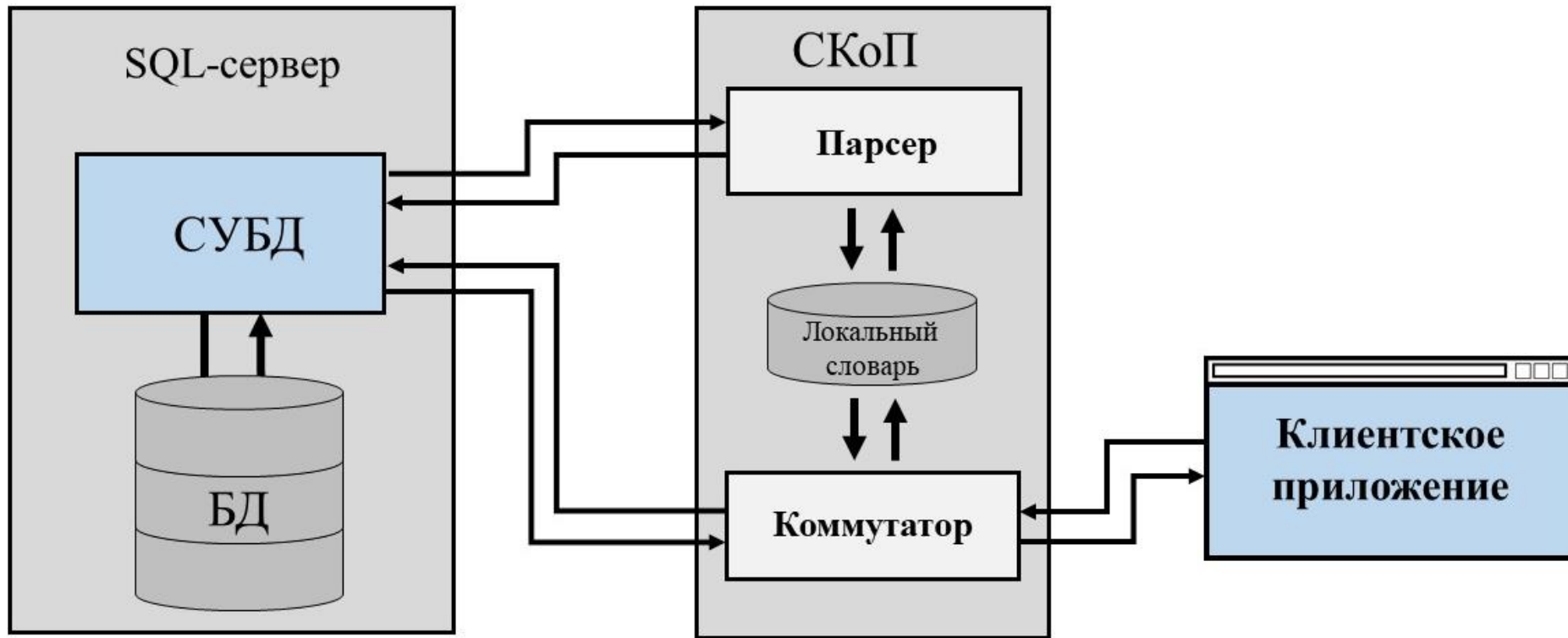
Пусть имеется:

- набор отношений $R_1, \dots, R_{m-1}$;
- целевое отношение R_m ;
- представление Q ;
- выбранная для удаления запись t ;
- подлежащая вставке запись t' .

Тогда операция **(3)** обновления записи t на запись t' в представлении Q коммутативна.

- **Доказательство** операции (3) следует доказанных ранее теорем 0, 1 и 2.

Сопроцессор коммутативных преобразований

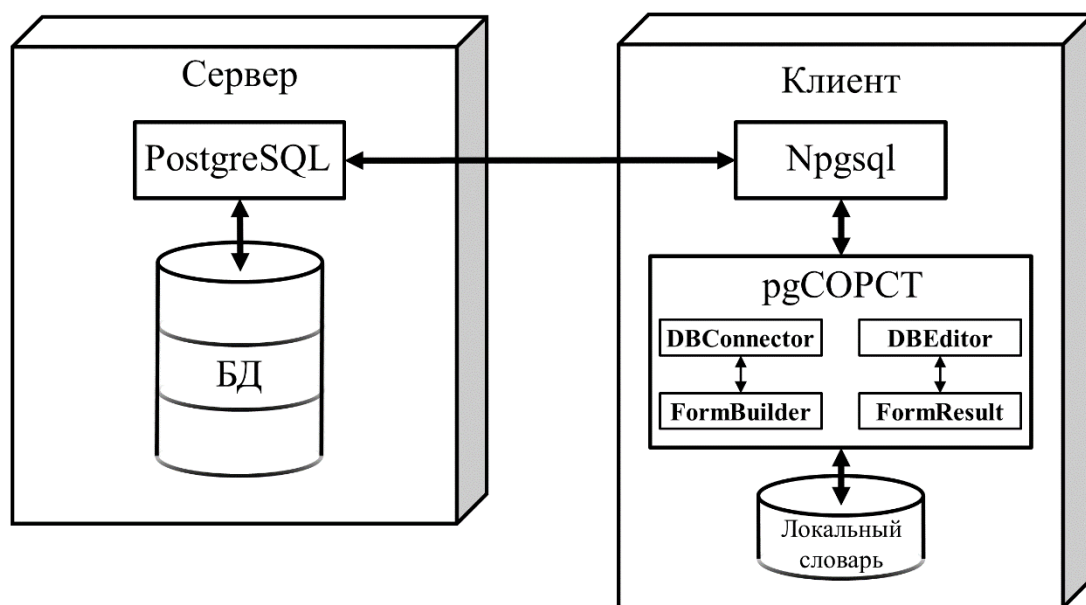


Парсер – обработка метаданных из словаря БД.

Локальный словарь – хранение информации о представлениях.

Коммутатор – формирование текста транзакции на обновление кортежей в целевом отношении и помощью коммутативных преобразований.

Реализация СКоП в PostgreSQL



* Зыкин В.С. Редактор многотабличного представления данных: свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ - № 2018661249 от 04.09.2018

Эксперименты

- **Цель экспериментов**

Исследовать эффективность применения СКоП по сравнению с триггерами в различных СУБД для классов приложений **OLAP** (Оперативный анализ данных) и **OLTP** (Оперативная обработка транзакций)

- **Наборы данных:**

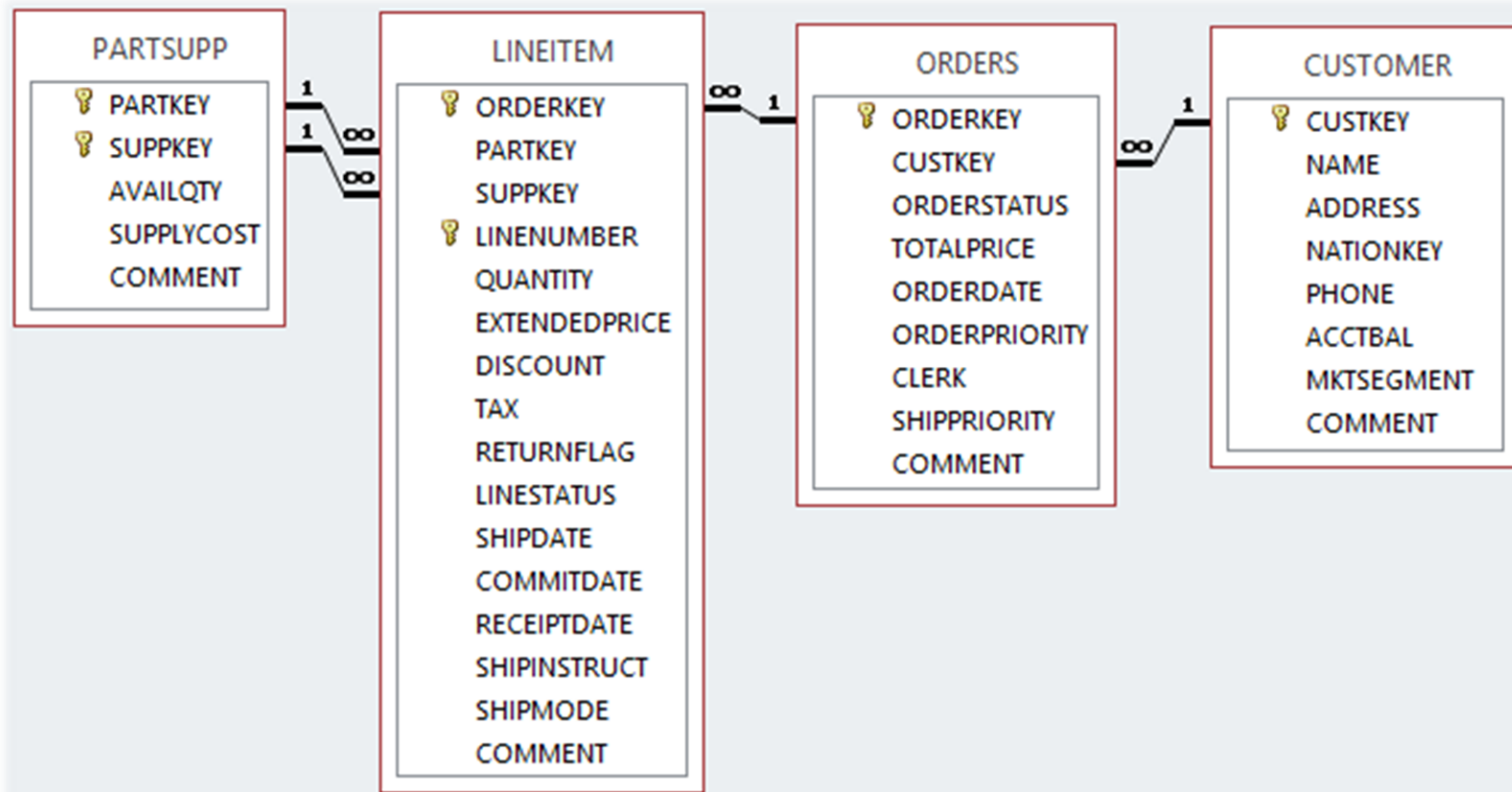
	Таблицы	Записи
База данных TPC-H	8	6 млн.
База данных TPC-E	33	207,3 млн.

- **Аппаратная платформа:**

Тип процессора	Intel Core 2 Duo P7450 (2 ядра по 2.13 ГГц)
Оперативная память	4 Гб (DDR3-533)
Дисковая память	256 Гб, твердотельный накопитель OCZ
Операционная система	MS Windows 10 Pro

Эксперименты. СКОП в приложениях OLAP

База данных TPC-H*



* Hayamizu Y., Kawamichi R., Goda K., Kitsuregawa M. Benchmarking and Performance Analysis of Event Sequence Queries on Relational Database. TPCTC. 2018. pp. 110–125. DOI: 10.1007/978-3-030-11404-6_9.

Эксперименты.

Сценарий в приложениях OLAP

- База данных TPC-H
- Сценарий: обновление хранилища данных
- Выполняемые операции:

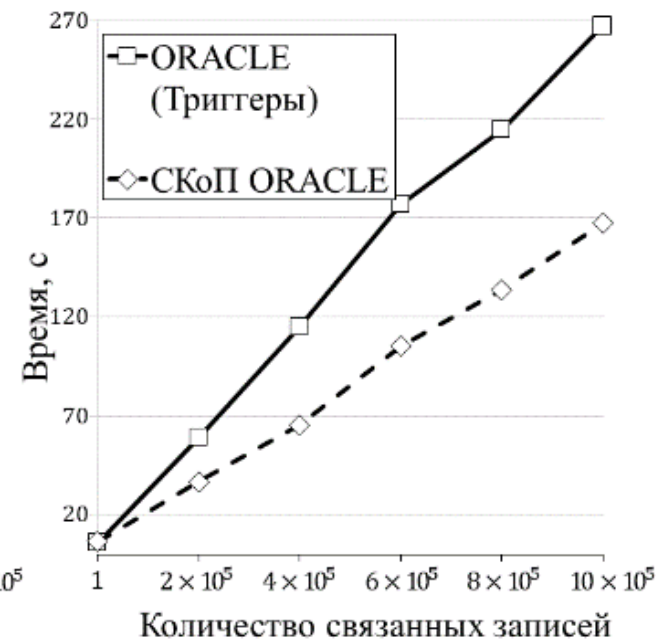
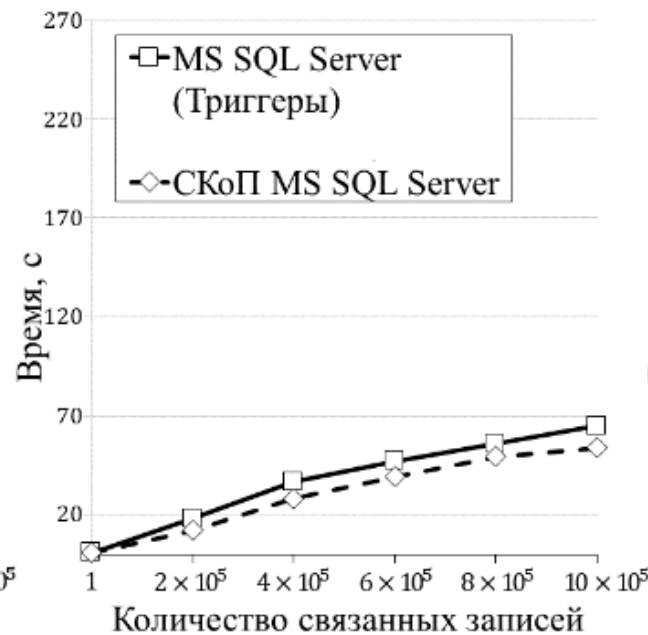
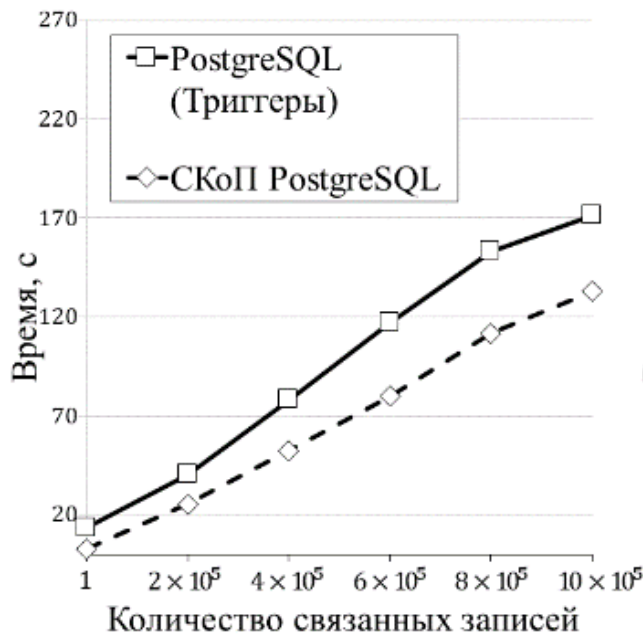
Представления

INSERT INTO DATABANK_VIEW VALUES ...

Отношения

INSERT INTO LINEITEM SELECT...

Эксперименты OLAP

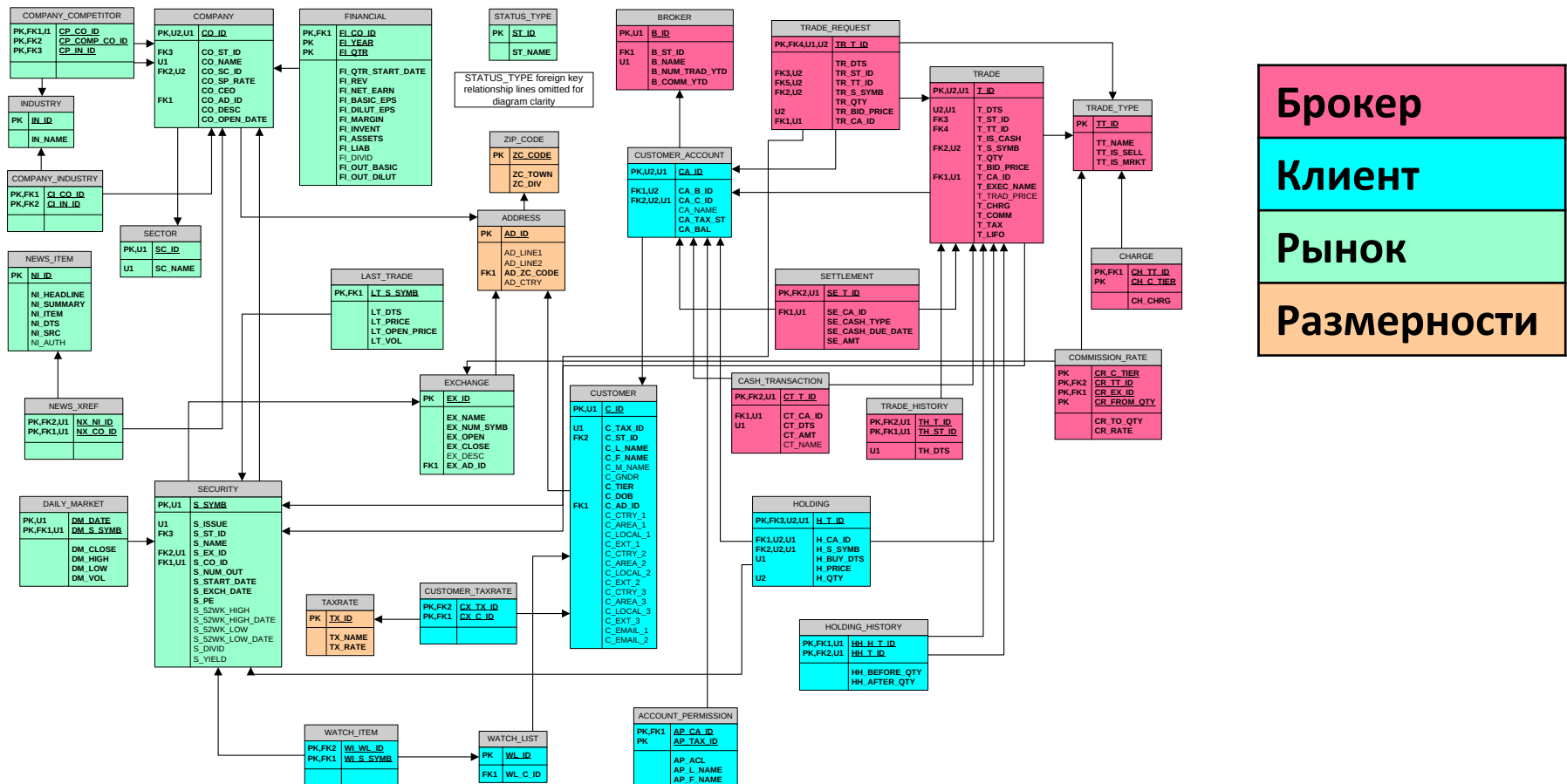


СКоП опережает СУБД, которые используют триггеры для обновления представлений:

- PostgreSQL на 35%
- MS SQL Server на 17%
- ORACLE на 30%

Эксперименты OLTP

База данных TPC-E*

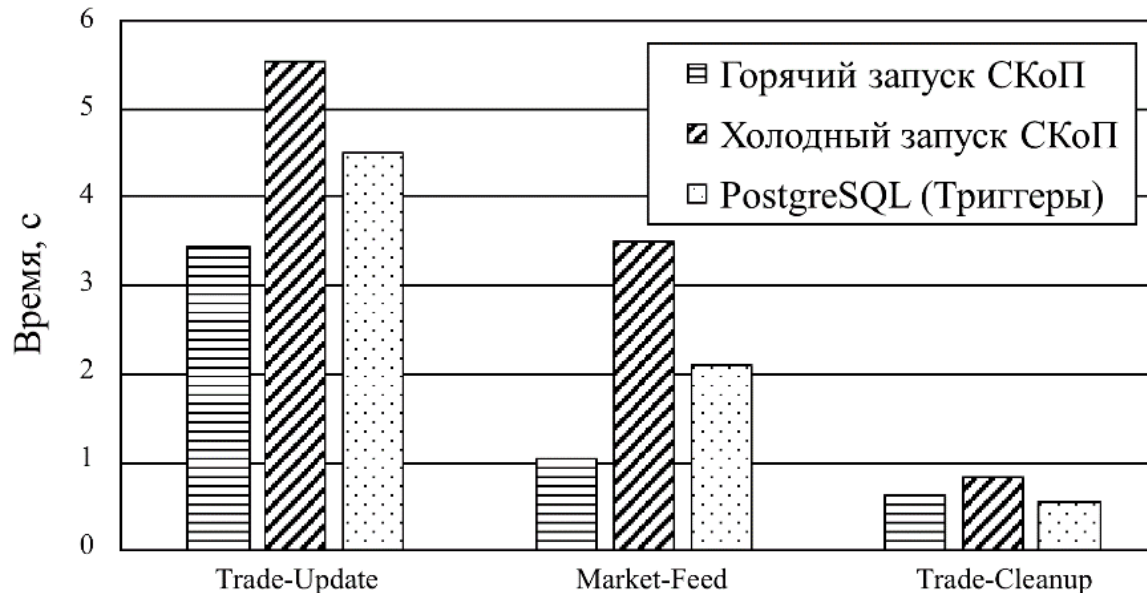


* Li Y., Levine C. Extending TPC-E to Measure Availability in Database Systems. TPCTC 2011. pp. 111–122. DOI: 10.1007/978-3-642-32627-1_8

TPC-E. Рассмотренные сценарии

	Сценарии		
	Trade-Update	Market-Feed	Trade-Cleanup
Количество представлений	3	1	1
Количество таблиц	6×3	4	3
Количество операций	3 UPDATE	2 UPDATE, 1 ADD, 1 DELETE	1 UPDATE, 1 ADD 1 DELETE
Описание	Обновление представлений, основанных на информации из истории сделок	Обновление представлений, связанных с отслеживанием текущей рыночной активности	Обновление представлений, связанных с откат БД до заданного состояния

Эксперименты OLTP



Холодный запуск – Парсер сначала формирует Локальный словарь, а затем Коммутатор выполняет необходимые действия

Горячий запуск – формирование Локального словаря базы данных отсутствует, и Коммутатор сразу выполняет необходимые действия

Транзакция на горячем запуске СКоП опережает работу триггеров в СУБД

Заключение

1. Разработан подход к обновлению многотабличных представлений на основе коммутативных преобразований баз данных
2. Сформулированы и доказаны теоремы о коммутативности преобразований
3. Предложена архитектура сопроцессора коммутативных преобразований. Разработан сопроцессор для СУБД PostgreSQL
4. Проведены экспериментальные исследования, которые подтверждают эффективность СКоП по сравнению с триггерами

Публикации

- **ВАК:**

- Зыкин В.С., Цымблер М.Л. Обновление многотабличных представлений на основе коммутативных преобразований базы данных // Вестник ЮУрГУ. – 2019. – Т. 8, № 2. – С. 92–106.
- Зыкин В.С., Зыкин С.В. Коммутативные преобразования в базе данных при редактировании многотабличных запросов // Информационные технологии. – 2018. – Т. 24, № 5. – С. 330–338.
- Зыкин В.С. Ссылочная целостность данных в корпоративных информационных системах // Информатика и ее применения. – 2015. – Т. 9, № 3. – С. 97–105.

- **Scopus/WoS:**

- Zykin S., Zykin V. Updates of View in Relational Databases // Proceedings of the 12th International Scientific and Technical Conference “Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines”, Dynamics 2018, Omsk, Russia, 13-15 November 2018. Article no. 8601495.

- **Свидетельство о регистрации программы:**

- Зыкин В.С. Редактор многотабличного представления данных: свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ - № 2018661249 от 04.09.2018.