

# Реляционная алгебра.

# 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.

## РЕЛЯЦИОННАЯ АЛГЕБРА

Реляционная алгебра - теоретический язык запросов, наглядно описывающий выполняемые над отношениями действия.

## Операции реляционной алгебры Кодда

- Операции реляционной алгебры Кодда можно разделить на две группы: базовые теоретико-множественные и специальные реляционные. Первая группа операций включает в себя классические операции теории множеств: объединение, разность, пересечение и произведение.
- Вторая группа представляет собой развитие обычных теоретико-множественных операций в направлении к реальным задачам манипулирования данными, в ее состав входят следующие операции: проекция, селекция, деление и соединение.

## Унарные и бинарные операции

- Операция реляционной алгебры может выполняться
  - над одним отношением (например, проекция), *унарной*
  - над двумя отношениями (например, объединение) такая операция называется *бинарной*.
- При выполнении бинарной операции участвующие в операциях отношения должны быть *совместимы по структуре*.

## Совместимость структур отношений

- Совместимость структур* отношений означает совместимость имен атрибутов и типов соответствующих доменов. Частным случаем совместимости является идентичность (совпадение).

# Реляционная алгебра

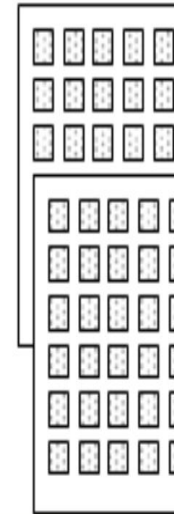
Предложив РМД, Э.Ф. Кодд создал инструмент РА для удобной работы с отношениями.

Основная идея РА Кодда состоит в том, что коль скоро отношения являются множествами, то средства манипулирования отношениями могут базироваться на традиционных теоретико-множественных операциях.

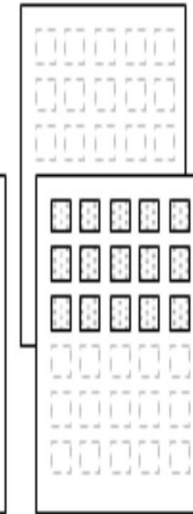
Каждая операция этой алгебры использует одну или несколько таблиц (отношений) в качестве ее операндов и получает в результате новую таблицу, т.е. позволяет "разрезать" или "склеивать" таблицы (рис. 1).

В качестве исходных операндов и результатов будут рассматриваться РТ. Они должны удовлетворять основным условиям РТ: не допускается повторение имен полей; не допускается дублирование записей.

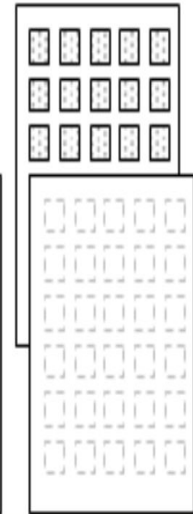
ОБЪЕДИНЕНИЕ



ПЕРЕСЕЧЕНИЕ



РАЗНОСТЬ



Основная идея *реляционной алгебры* состоит в том, что **отношения** являются **множествами**, средства манипулирования отношениями могут базироваться на *традиционных теоретико-множественных операциях*, дополненных некоторыми специальными операциями, специфичными для реляционных баз данных.

Рассмотрим начальный вариант *алгебры*, который был предложен Коддом ("*алгебра Кодда* ").

В этом варианте набор основных алгебраических операций состоит из восьми операций, которые делятся на два класса –

- теоретико-множественные операции
- специальные реляционные операции.

В состав **теоретико-множественных** операций входят операции:

- *объединения отношений* ;
- *пересечения отношений* ;
- *взятия разности отношений* ;
- *взятия декартова произведения отношений*.

**Специальные реляционные операции** включают:

- *ограничение отношения* ;
- *проекцию отношения* ;
- *соединение отношений* ;
- *деление отношений*.

Кроме того, в состав *алгебры* включается:

- *операция присваивания*, позволяющая сохранить в базе данных результаты вычисления алгебраических выражений
- *операция переименования атрибутов*, дающая возможность корректно сформировать заголовок (схему) результирующего отношения.



Доступ к реляционным данным осуществляется при помощи *реляционной алгебры*.

В реализациях конкретных реляционных СУБД сейчас не используется в чистом виде ни реляционная алгебра, ни реляционное исчисление. Фактическим стандартом доступа к реляционным данным стал язык SQL (Structured Query Language)

Язык SQL представляет собой смесь операторов реляционной алгебры и выражений реляционного исчисления, использующий синтаксис, близкий к фразам английского языка и расширенный дополнительными возможностями, отсутствующими в реляционной алгебре и реляционном исчислении. Вообще, язык доступа к данным называется реляционно-полным, если он по выразительной силе не уступает реляционной алгебре, т.е. любой оператор реляционной алгебры может быть выражен средствами этого языка. Именно таким и является язык SQL

Практически все операции реляционной модели предназначены для организации запросов к БД в терминах отношений. Эти запросы относятся к включению, соединению, выборке кортежей соответствующих отношений. Традиционно определяют восемь реляционных операторов, объединенных в две группы.

***Теоретико-множественные операторы:***

- Объединение
- Пересечение
- Вычитание
- Декартово произведение

***Специальные реляционные операторы:***

- Выборка
- Проекция
- Соединение
- Деление

## Отношения, совместимые по типу

Некоторые реляционные операторы (например, объединение) требуют, чтобы отношения имели одинаковые заголовки. Действительно, отношения состоят из заголовка и тела. Операция объединения двух отношений есть просто объединение двух множеств кортежей, взятых из тел соответствующих отношений. Но будет ли результат отношением?

## Определение.

Будем называть отношения совместимыми по типу, если они имеют идентичные заголовки, а именно:

1. отношения имеют одно и то же множество имен атрибутов, т.е. для любого атрибута в одном отношении найдется атрибут с таким же наименованием в другом отношении;
2. атрибуты с одинаковыми именами определены на одних и тех же доменах (или типах, если домены не поддерживаются).

## Операции реляционной алгебры

- ✓ Язык SQL основан на операциях реляционной алгебры (РА).
- ✓ Операции РА применяются к отношениям и в результате применения операций РА получаются отношения (таблицы).
- ✓ Различают унарные и бинарные операции РА: унарные применяются к одному отношению (таблице), бинарные – к двум.

Существует пять основных операций РА:

- ✓ селекция;
- ✓ проекция;
- ✓ декартово произведение;
- ✓ объединение;
- ✓ разность;

и три вспомогательных операции РА, которые могут быть выражены через основные:

- ✓ пересечение;
- ✓ соединение;
- ✓ деление.

Операторы реляционной алгебры используют одно или два из существующих отношений для создания нового отношения, которое затем может быть использовано в качестве операнда для нового оператора. Реляционная алгебра (или алгебра отношений) представляет собой совокупность операций высокого уровня над отношениями.

Одной из главных операций при работе с БД в реляционной теории является запрос. И выполнение всех перечисленных операций реляционной алгебры всегда направлено именно на реализацию запросов. Поэтому в ней отсутствуют любые конструкции, призванные объявлять, создавать или модифицировать данные.

*Запрос* — операция над отношениями, результатом которой является отношение. Под системой запросов будем понимать формальную систему для выражения запросов. Запрос с использованием реляционной алгебры задает алгоритм преобразования отношений, приводящий к требуемому результату.



## Теоретико-множественные операторы

**Объединением** двух совместимых по типу отношений  $A$  и  $B$  называется отношение с тем же заголовком, что и у отношений  $A$  и  $B$ , и телом, состоящим из совокупности кортежей обоих отношений. Синтаксис операции объединения:

**$A \cup B$**

*Замечание.* Объединение, как и любое отношение, не может содержать одинаковых кортежей. Поэтому, если некоторый кортеж входит и в отношение  $A$ , и отношение  $B$ , то в объединение он входит один раз.

**Пересечением** двух совместимых по типу отношений  $A$  и  $B$  называется отношение с тем же заголовком, что и у отношения  $A$  и  $B$ , и телом, состоящим из кортежей, принадлежащих одновременно обоим отношениям.

Синтаксис операции пересечения:

**$A \cap B$**

**Вычитанием** двух совместимых по типу отношений  $A$  и  $B$  называется отношение с тем же заголовком, что и у отношений  $A$  и  $B$ , и телом, состоящим из кортежей, принадлежащих отношению  $A$  и не принадлежащих отношению  $B$ .

Синтаксис операции вычитания:

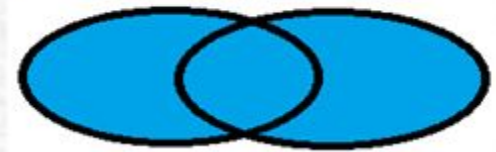
**$A - B$**



# Бинарные односхемные операции RA

## ✓ Объединение (union).

Объединением двух односхемных отношений R и S называется отношение  $T = R \cup S$ , которое включает в себя все кортежи исходных отношений без повторов.



<u>Отношение</u> <u>R</u>		
A	B	C
a	b	c
c	a	d
c	h	c

<u>Отношение</u> <u>S</u>		
A	B	C
g	h	a
a	b	c
h	d	d

<u>Объединение</u> <u>R U S</u>		
A	B	C
a	b	c
c	a	d
c	h	c
g	h	a
h	d	d

## Объединение

**Объединением** двух совместимых по типу отношений  $A$  и  $B$  ( $A \cup B$ ) называется отношение с тем же заголовком, как в отношениях  $A$  и  $B$ , и с телом, состоящим из множества кортежей  $t$ , принадлежащих  $A$  или  $B$  или обоим отношениям.

$A \cup B$

При выполнении операции объединения двух отношений создается отношение, включающее кортежи, входящие хотя бы в одно из отношений-операндов. Обратите внимание, что повторяющиеся кортежи удаляются по определению отношения

**Объединение** двух совместимых таблиц  $TA$  и  $TB$  – это таблица, у которой такой же заголовок, что и у исходных таблиц-операндов, а тело состоит из таких записей, которые входят хотя бы в одну из исходных таблиц (или в  $TA$  или в  $TB$ ).

В общем виде объединение записывается так

**$TA \text{ UNION } TB$**

## Объединение

### □ Объединение (A UNION B)

Результат **объединения** включает все кортежи первого отношения (A) и недостающие кортежи из второго отношения (B)



## Пример объединения

R1

П#	Имя	Статус	Город_П
S1	Сергей	20	Москва
S4	Николай	20	Москва

R2

П#	Имя	Статус	Город_П
S1	Сергей	20	Москва
S2	Иван	10	Киев

## R1 UNION R2

П#	Имя	Статус	Город_П
S1	Сергей	20	Москва
S2	Иван	10	Киев
S4	Николай	20	Москва



Пусть даны отношения:

**r** — Изделие 1; **s** — Изделие 2

Код_дет	Назв-е	Вес
01	А	1
03	В	2
04	С	3

Код_дет	Назв-е	Вес
02	Д	2
03	В	2
04	С	3

Результирующее отношение содержит все детали, которые входят в состав обоих изделий.

Код_дет	Назв-е	Вес
01	А	1
02	Д	2
03	В	2
04	С	3

# Реляционная алгебра. Бинарные операции

33

## Пересечение

Пересечением двух совместимых по типу отношений  $A$  и  $B$  ( $A \cap B$ ) называется отношение с тем же заголовком, как в отношениях  $A$  и  $B$ , и с телом, состоящим из множества кортежей  $t$ , принадлежащих одновременно обоим отношениям  $A$  и  $B$ . Операция пересечения двух отношений создает отношение, включающее все кортежи, входящие в оба отношения-операнда.

### Отношение A

ID_NUM	NAME	CITY	AGE
1809	Иванов	Москва	45
1996	Петров	Нижний Новгород	39
1777	Сидоров	Рязань	21

### Отношение B

ID_NUM	NAME	CITY	AGE
1809	Иванов	Москва	45
1896	Галкин	Иваново	40

### $A \cap B$

ID_NUM	NAME	CITY	AGE
1809	Иванов	Москва	45

## Пересечение

A INTERSECT B

□ Результат **пересечения** включает в себя только те кортежи первого отношения (A), которые есть во втором (B)



R1

П#	Имя	Статус	Город_П
S1	Сергей	20	Москва
S4	Николай	20	Москва

R2

П#	Имя	Статус	Город_П
S1	Сергей	20	Москва
S2	Иван	10	Киев

## Результат пересечения

R1 INTERSECT R2

П#	Имя	Статус	Город_П
S1	Сергей	20	Москва



**r** — изделие 1

**s** — изделие 2

Код_дет	Назв-е	Вес
01	А	1
02	Д	2
03	В	2
04	С	3
05	Е	1

Код_дет	Назв-е	Вес
02	Д	2
04	С	3
03	В	2
06	К	1

$$\mathbf{t} = \mathbf{r} \square \mathbf{s}$$

Код_дет	Назв-е	Вес
02	Д	2
04	С	3
03	В	2

# Реляционная алгебра. Бинарные операции

35

## Разность

**Разностью** двух совместимых по типу отношений  $A$  и  $B$  ( $A - B$ ) называется отношение с тем же заголовком, как в отношениях  $A$  и  $B$ , и с телом, состоящим из множества кортежей  $t$ , принадлежащих отношению  $A$  и не принадлежащих отношению  $B$ .

Отношение, являющееся разностью двух отношений, включает все кортежи, входящие в первое отношение, такие, что ни один из них не входит во второе отношение.

### Отношение A

ID_NUM	NAME	CITY	AGE
1809	Иванов	Москва	45
1996	Петров	Нижний Новгород	39
1777	Сидоров	Рязань	21

### Отношение B

ID_NUM	NAME	CITY	AGE
1809	Иванов	Москва	45
1896	Галкин	Иваново	40

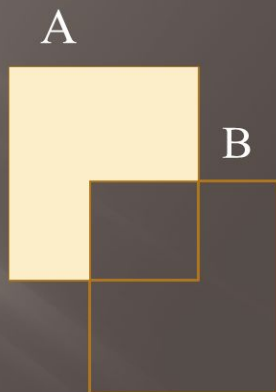
**A - B**

ID_NUM	NAME	CITY	AGE
1996	Петров	Нижний Новгород	39
1777	Сидоров	Рязань	21

## Вычитание

A MINUS B

В результате **вычитания** получается отношение с тем же заголовком, что у исходных отношений. Тело включает кортежи, принадлежащие отношению A и не принадлежащие B.



R1

П#	Имя	Статус	Город_П
S1	Сергей	20	Москва
S4	Николай	20	Москва

R2

П#	Имя	Статус	Город_П
S1	Сергей	20	Москва
S2	Иван	10	Киев

## Результат вычитания

R1 MINUS R2

П#	Имя	Статус	Город_П
S4	Николай	20	Москва



Пусть отношение  $r$  представляет потребности в некоторых видах деталей, а отношение  $s$  — сведения о тех видах деталей, которые фирма может произвести сама, тогда отношение  $t = r - s$  содержит сведения о тех видах деталей, которые нужно приобрести.

$r$  — потребности       $s$  — возможности

Код_дет	Назв-е	Вес
01	А	1
02	Д	2
03	В	2
04	С	3
05	Е	1

Код_дет	Назв-е	Вес
02	Д	2
03	В	2
04	С	3

$$t = r - s$$

Код_дет	Назв-е	Вес
01	Д	1
05	Е	1

## Разносхемная основная операция РА

### ➤ Декартово произведение (cartesian product).

Это бинарная операция над разносхемными отношениями, соответствующая определению декартова произведения для РМД: в результате получается отношение, схема которого включает все атрибуты исходных отношений. Результирующее отношение содержит все возможные комбинации кортежей исходных отношений.

<u>Отношение</u> <u>R</u>		<u>Отношение</u> <u>S</u>			<u>Декартово</u> <u>произведение R×S</u>				
A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
1	4	g	h	a	1	4	g	h	a
2	5	a	b	c	1	4	a	b	c
3	6				2	5	g	h	a
					2	5	a	b	c
					3	6	g	h	a
					3	6	a	b	c

## Произведение

R1 TIMES R2

При выполнении прямого произведения двух отношений производится отношение, кортежи которого являются конкатенацией (сцеплением) кортежей первого и второго операндов

R1

П#	Имя	Статус	Город_П
S1	Сергей	20	Москва
S4	Николай	20	Москва

R2

П#	Имя	Статус	Город_П
S1	Сергей	20	Москва
S2	Иван	10	Киев

## Произведение

R1



R2



R1 TIMES R2





Пусть  $r \rightarrow$  СТУДЕНТЫ (Ном\_зач\_кн, ФИО);

$s \rightarrow$  ЭКЗАМЕНЫ

(Код\_дисц, Назв\_дисц, Дата, Оценка),

Тогда  $r * s \rightarrow$  ЭКЗАМ\_ВЕД

(Ном\_зач\_кн, ФИО, Код\_дисц, Назв\_дисц, Дата, Оценка).

$r$  — СТУДЕНТЫ

Номер зач_книжки	ФИО
02-Э-01	Иванов И.И.
02-Э-02	Петров Т.Т.
02-Э-05	Серов С.С.

$s$  — ЭКЗАМЕНЫ

Код_дисц	Назв_дисц	Дата	Оценка
01	БСБД	10.01.03	
02	КП	15.01.03	
03	Ин.язык	20.01.03	

$t$  — ЭКЗАМЕНАЦИОННАЯ ВЕДОМОСТЬ ПО ВСЕМ ДИСЦИПЛИНАМ

Номер зач книжки	ФИО	Код дисц	Название дисц	Дата	Оценка
02-Э-01	Иванов И.И.	01	БСБД	21.12.17	
02-Э-01	Иванов И.И.	02	КП	25.12.17	
02-Э-01	Иванов И.И.	03	Ин. язык	27.12.17	
02-Э-02	Петров Т.Т.	01	БСБД	21.12.17	
02-Э-02	Петров Т.Т.	02	КП	25.12.17	
02-Э-02	Петров Т.Т.	03	Ин. язык	27.12.17	
02-Э-05	Серов С.С.	01	БСБД	21.12.17	
02-Э-05	Серов С.С.	02	КП	25.12.17	
02-Э-05	Серов С.С.	03	Ин. язык	27.12.17	

## Реляционная алгебра. Унарные операции

### 17 Проекция

**Проекцией**  $\pi_A (P_1, P_2, \dots, P_n)$  по заданному набору полей  $P_1, \dots, P_k$ , принадлежащим исходной таблице, называется таблица с заголовком  $P_1, \dots, P_k$  и телом, содержащим множество соответствующих значений из всех записей исходной  $\tau_A$ .

Проекция записывается так:

$\pi_A [P_1, \dots, P_k]$

Здесь и далее считаем, что  $1 \leq i \leq n, 1 \leq k \leq n$ .

Тем самым, при выполнении операции проекции получается «вертикальное» подмножество данного отношения, то есть подмножество, получаемое исключением всех атрибутов, отношения-операнда с естественным уничтожением потенциально возникающих кортежей-дубликатов.

Проекция дает возможность получить вертикальное подмножество записей.

### 18 Проекция

Пример операций проекции.

NAME	CITY
Иванов	Москва
Петров	Нижний Новгород
Сидоров	Рязань
Галкин	Москва

$A [NAME, CITY]$

CITY
Москва
Нижний Новгород
Рязань

$A [CITY]$

### 19 Проекция

Получим проекцию по таблице  $\tau_C$  по полям Код и Фам.

$\pi_{Pr} := \tau_C [Код, Фам]$

Код	Фам
1	Андреев
2	Петрова
3	Андреев

Видно, что проекция позволяет отобрать из таблицы требуемые столбцы и исключить ненужные. В примере из  $\tau_C$  исключены два поля – П и Пол. Иногда удобно указывать не тот список полей, по которым берется проекция, а те поля, которые исключаются из исходной таблицы. В нашем примере можно сказать так: “ $\pi_{Pr}$  – это проекция, исключающая поля П и Пол из  $\tau_C$ ”.

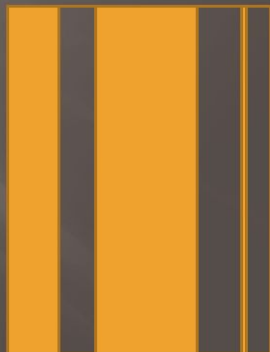
Определим еще одну проекцию  $\tau_C$  по полям Пол и Фам.

$\pi_{Pr2} := \tau_C [Пол, Фам]$

Пол	Фам
М	Андреев
Ж	Петрова

## Проекция

Результатом проекции является отношение с заголовком, содержащим атрибуты, на которые выполняется проекция; тело содержит множество кортежей исходного отношения (A), исключая дубликаты (A [X, Y, ..., Z])



## Пример проекции

Ремонт квартир

Владелец	Адрес	Вид ремонта	Фирма	Дата	Стоимость, руб.
Носов В.М.	Ленина 63	Замена труб	Наш дом	15.01.	2100
Носов В.М.	Ленина 63	Установка ванны	Наш дом	18.01.	1700
Зими́на Л.И.	Мира 5	Настил линолеума	Мастер	01.02.	3200
Лосев А.К.	Седова 12	Замена труб	Мастер	13.02.	2300
Зими́на Л.И.	Мира 5	Установка дверей	Наш дом	28.01.	2300
Сергеев С.С.	Кирова 16	Настил линолеума	Мастер	01.02.	3200
Лосев А.К.	Седова 12	Установка дверей	Наш дом	05.02.	2300
Лосев А.К.	Седова 12	Установка дверей	Мастер	10.02.	2200

## Результат проекции

Владелец	Адрес
Носов В.М.	Ленина 63
Зими́на Л.И.	Мира 5
Лосев А.К.	Седова 12
Сергеев С.С.	Кирова 16

Результатом операции ПРОЕКЦИЯ будет «вертикальное» подмножество данного отношения, т.е. подмножество, получаемое исключением всех атрибутов, не указанных в списке атрибутов, и последующим исключением дублирующих кортежей. (Ремонт квартир [Владелец, Адрес])



➤ **Селекция** (select).

Это унарная операция, результатом которой является подмножество кортежей исходного отношения, соответствующих условиям, которые накладываются на значения определённых атрибутов.

Отношение R

A	B	C
a	b	c
c	a	d
c	b	d

Селекция

$$\sigma_{C=d}(R)$$

A	B	C
c	a	d
c	b	d

## Реляционная алгебра. Унарные операции

20

### Выборка (ограничение отношения)

Операция выборка (или операция ограничение отношения) - создает новое отношение, содержащее только те строки отношения - операнда, которые удовлетворяют некоторому условию ограничения. Результатом ограничения тА по некоторому условию называется таблица, у которой такой же заголовок, что и у тА, а тело состоит из такого множества всех записей исходной тА, которые удовлетворяют заданному условию.

Операцию ограничения можно записать в виде выражения:

**A WHERE X  $\theta$  Y**

где  $\theta$  - любой скалярный оператор сравнения;

X, Y - операнды.

21

### Выборка (ограничение отношения)

В качестве обоих операндов могут использоваться поля таблицы, один из операндов может заменяться скалярным или литеральным значением. При этом оба операнда должны быть определены на одном домене, а оператор должен иметь смысл для этого домена.

С помощью ограничения можно отобрать из РТ нужные записи и получить горизонтальное подмножество записей.

Покажем применение ограничения для тС. Отберем сотрудников-мужчин.

**тСП := тС WHERE Пол="М"**

Поле Пол может принимать литеральное (текстовое) значение, поэтому значение для условия операции взято в кавычки

Код	П	Фам	Пол
1	1	Андреев	М
3	2	Андреев	М

22

### Выборка (ограничение отношения)

Операцию ограничения иногда называют  **$\theta$ -выборкой**, а условия ограничения - условиями выборки, где  $\theta$  означает любой скалярный оператор сравнения ( =,  $\neq$ ,  $\leq$ ,  $\geq$  ).

Пример операций выборки

#### Отношение A

ID_NUM	NAME	CITY	AGE
1809	Иванов	Москва	45
1996	Петров	Нижний Новгород	39
1777	Сидоров	Рязань	21
1896	Галкин	Москва	30

**A where CITY = 'Москва' and AGE < 40**

#### A where CITY = 'Москва'

ID_NUM	NAME	CITY	AGE
1809	Иванов	Москва	45
1896	Галкин	Москва	30

ID_NUM	NAME	CITY	AGE
1896	Галкин	Москва	30

## Выборка

Результатом **выборки** является отношение с тем же заголовком, что и исходное отношение (A); тело содержит множество кортежей исходного отношения (A), для которых проверка условия дает результат истина. (A WHERE f)


## Пример выборки

Библиотека

Читатель	Группа	Год поступления	Название книги	Автор	Дата выдачи
Чернов Е.	ЗП1	2008	Базы данных	Кузин А.П.	07.09.
Чернов Е.	ЗП1	2008	Моделирование	Банди Б.	08.09.
Петров К.	ЗП1	2008	Базы данных	Кузин А.П.	15.09.
Семин М.	2П2	2009	Паскаль	Мишин Б. В.	25.10.
Паутов И.	4Б1	2007	Аудит	Зайцев И. К.	22.01.
Федин Ф.	ЗП2	2008	Базы данных	Кузин А.П.	10.10.
Семин М.	2П2	2009	Страх над пропастью	Орлов А.	28.10.

## Результат выборки

Читатель	Группа	Год поступления	Название книги	Автор	Дата выдачи
Чернов Е.	ЗП1	2008	Базы данных	Кузин А.П.	07.09.
Петров К.	ЗП1	2008	Базы данных	Кузин А.П.	15.09.
Федин Ф.	ЗП2	2008	Базы данных	Кузин А.П.	10.10.

В результате выполнения этой операции мы получим «горизонтальное» подмножество исходного отношения.



### 23 Оператор обновления

Далее рассмотрим унарные **операторы-действия**. Эти операторы стали применять на практике для выполнения действий над РТ, а именно обновления данных и удаления записей.

**Оператор обновления** имеет вид

**UPDATE тА Р1:=выр1,..., Рк:=вырК,..., Рn:=вырN,**

где значение каждого из полей Рк является результатом вычисления скалярного выражения вырК. Все записи в таблице обновляются в соответствии с указанными операторами присвоения.

Переведем сотрудников из цеха 2 в цех 3.

**UPDATE тСТ WHERE П=2 П:=3**

Эта операция позволила перевести одного сотрудника из цеха 2 в цех 3.

Таб_н	П	Фам	Пол
101	1	Андреев	М
102	1	Петрова	Ж
203	3	Андреев	М

### Оператор удаления

Имеет вид **DELETE тА <выр>**

Этот оператор позволяет удалить из таблицы те записи, для которых выполняется заданное выражение <выр>. Удалим записи о сотрудниках, которые работают в цехе 3.

**DELETE тСТ WHERE П=3**

Этот оператор удалит одну запись о сотруднике, который работал в цехе 3.

В указанных операциях выражение <выр> часто является просто ограничивающим условием для таблицы. Нужно также обратить внимание, что данные операторы-действия работают с множеством записей.

Таб_н	П	Фам	Пол
101	1	Андреев	М
102	1	Петрова	Ж

### Оператор вставки

Рассмотрим дополнительную операцию РА – **оператор вставки**.

Эта бинарная операция имеет вид

**INSERT <источник><выр> INTO <получатель>.**

Здесь <источник> и <получатель> – выражения, представляющие совместимые по типу таблицы. Значение таблицы <источник> вычисляется по выпажению <выр> и все записи результата вставляются в таблицу <получатель>.

Например, операция

**INSERT T2 WHERE Количество<3 INTO T3**

позволит перенести из таблицы T2 записи о студентах, изучивших менее трех дисциплин, в таблицу T3.

В принципе оператор вставки может быть и унарным, если <источник> и <получатель> – это одна и та же таблица.

## Совместимость по типу

Основные теоретико - множественные операции РА с этими таблицами не могут быть проведены, потому что исходные таблицы-операнды несовместимы. Видно, что в таблицах возникает два вида конфликтов:

конфликт имен полей, так как поля имеют разные имена;

конфликт доменов, так как последние (четвертые) поля определены имеют разный смысл (определены на разных доменах).

Прежде чем рассматривать примеры выполнения бинарных операций РА, необходимо разрешить перечисленные конфликты путем достижения совместимости исходных таблиц по типу. Для этого выполним преобразования исходных таблиц.

Любые две таблицы могут быть сделаны совместимыми путем применения преобразования к одной из этих таблиц. При этом операция переименования наряду с операциями проекции применяется только к одной из таблиц-операндов. Но часто удобнее с целью симметрии произвести двойное преобразование обеих таблиц.

### Совместимость по типу

Применим сначала к обеим таблицам переименование.

тС2 := тСп RENAME Группа AS Гр,

Прізвище AS Фам, Середній бал AS Балл

тО2 := тО RENAME Група AS Гр,

Фамилия AS Фам

Теперь в таблицах тС2 и тО2 частично разрешен конфликт имен полей: три поля имеют одинаковые имена. При этом в таблицах осталось по одному полю с различными именами: Балл (тС2) и Комната (тО2). Это числовые поля, относящиеся к разным доменам. Можно было дать им одинаковые имена, например, переименовать поле Комната в Балл, и рассматривать далее таблицы как совместимые. Однако при этом был бы нарушен смысл доменов.

Код	Гр	Фам	Комната
1	Гр1	Андреев	4
2	Гр3	Петров	3

Код	Гр	Фам	Балл
1	Гр1	Андреев	4
4	Гр2	Антонов	3

### Совместимость по типу

Для исключения конфликта доменов приведем таблицы к полной совместимости путем исключения полей **Балл** и **Комната** из дальнейшего рассмотрения.

Для этого применим проекцию к таблицам тС2 и тО2

тА:=тС2 [Код, Гр, Фам]

тВ:=тО2 [Код, Гр, Фам]

Теперь тА и тВ совместимы.

С ними без проблем могут быть выполнены основные теоретико-множественные операции РА.

Код	Гр	Фам
1	Гр1	Андреев
2	Гр3	Петров

Код	Гр	Фам
1	Гр1	Андреев
4	Гр2	Антонов



# Разносхемные операции РА: соединение

## ➤ Соединение (join).

Эта операция определяет подмножество декартова произведения двух разносхемных отношений. Кортеж декартова произведения входит в результирующее отношение, если для атрибутов разных исходных отношений выполняется некоторое условие F. Соединение может быть выражено так:

$$\mathbf{R} \bowtie \mathbf{S} = \sigma_F(\mathbf{R} \times \mathbf{S})$$

F

Если условием является равенство значений двух атрибутов исходных отношений, такая операция называется **эквисоединением**. *Естественным* называется эквисоединение по одинаковым атрибутам исходных отношений.

Отношение R

A	B	C
a	b	c
c	a	d
c	h	c
g	b	d

Отношение S

A	D	E
g	h	a
c	b	c
h	d	d

Соединение R ⋈ S

A	B	C	D	E
c	a	d	b	c
c	h	c	b	c
g	b	d	h	a



# *Соединение.*

*Операция соединения отношений*, наряду с операциями выборки и проекции, является одной из наиболее важных реляционных операций. Обычно рассматривается несколько разновидностей операции соединения:

- **общая операция соединения;**
- **Θ -соединение (тэта-соединение);**
- **ЭКВИ-соединение;**
- **естественное соединение.**

## *Естественное соединение*

Пусть даны отношения  $A(A_1, A_2, \dots, A_n, X_1, X_2, \dots, X_p)$  и  $B(X_1, X_2, \dots, X_p, B_1, B_2, \dots, B_m)$ , имеющие одинаковые атрибуты  $X_1, X_2, \dots, X_p$  (т.е. атрибуты с одинаковыми именами и определенные на одинаковых доменах).

*Тогда естественным соединением отношений  $A$  и  $B$  называется отношение с заголовком  $(A_1, A_2, \dots, A_n, X_1, X_2, \dots, X_p, B_1, B_2, \dots, B_m)$ , и телом, содержащим множество соответствующих кортежей*

• Естественное соединение эквивалентно следующей последовательности реляционных операций:

1. Переименовать одинаковые атрибуты в отношениях
2. Выполнить декартово произведение отношений
3. Выполнить выборку по совпадающим значениям атрибутов, имевших одинаковые имена
4. Выполнить проекцию, удалив повторяющиеся атрибуты
5. Переименовать атрибуты, вернув им первоначальные имена

*Естественное соединение настолько важно, что для него используют специальный синтаксис:*

*$A \text{ JOIN } B.$*

*Замечания:*

- В синтаксисе естественного соединения не указываются, по каким атрибутам производится соединение. Естественное соединение производится по всем одинаковым атрибутам;

- Можно выполнять последовательное естественное соединение нескольких отношений.

Естественное соединение (как и соединение общего вида) обладает свойством ассоциативности, т.е.

$$(A \text{ JOIN } B) \text{ JOIN } C = A \text{ JOIN } (B \text{ JOIN } C),$$

поэтому его можно записать, опуская скобки

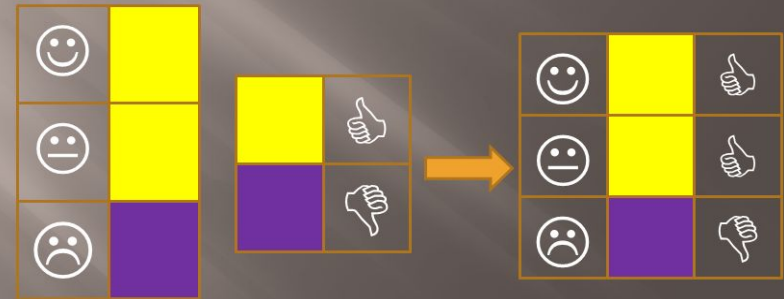
$$A \text{ JOIN } B \text{ JOIN } C.$$

## Соединение (естественное)

### □ R1 JOIN R2

- Операция естественного соединения применяется к двум отношениям, имеющим общий атрибут (простой или составной). Этот атрибут в отношениях имеет одно и то же имя (совокупность имен) и определен на одном и том же домене (доменах).
- Результатом операции естественного соединения является отношение R, которое представляет собой проекцию соединения отношений R1 и R2 по общему атрибуту на объединенную совокупность атрибутов обоих отношений.

## Соединение (естественное) Схема



## Пример соединения

### Сотрудники

Код должности	Фамилия исполнителя
1	Туривная
2	Ермоленко
3	Лебедева
4	Прохорова
3	Баскова
1	Семенчук

### Должности

Код должности	Должность
1	инженер
2	программист
3	бухгалтер
4	экономист

## Результат операции соединения

### Сотрудники JOIN Должности

Фамилия исполнителя	Код должности	Должность
Туривная	1	Инженер
Ермоленко	2	Программист
Лебедева	3	Бухгалтер
Прохорова	4	Экономист
Баскова	3	Бухгалтер
Семенчук	1	Инженер



# Операция деления

## ➤ Деление (division).

Пусть отношение  $R$  содержит атрибуты  $\{r_1, r_2, \dots, r_k, r_{k+1}, \dots, r_n\}$ , а отношение  $S$  – атрибуты  $\{r_{k+1}, \dots, r_n\}$ . Тогда результирующее отношение содержит атрибуты  $\{r_1, r_2, \dots, r_k\}$ . Кортеж отношения  $R$  включается в результирующее отношение, если его декартово произведение с отношением  $S$  входит в  $R$ .

Деление может быть выражено так:

$$R / S = \pi_{r_1, \dots, r_k} (R) - \pi_{r_1, \dots, r_k} ((\pi_{r_1, \dots, r_k} (R) \times S) - R).$$

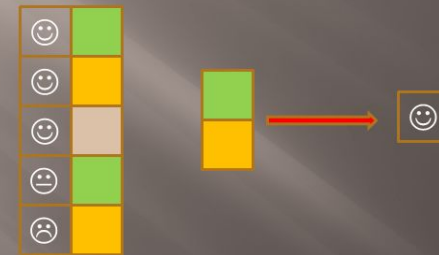
<u>Отношение R</u>				<u>Отношение S</u>		<u>Частное R/S</u>	
A	B	C	D	C	D	A	B
a	b	c	b	c	b	a	b
a	b	g	h	g	h	c	f
c	f	g	h				
c	f	c	b				
a	v	c	b				
c	v	g	h				

## Деление

### R1 DIVIDE BY R2

У операции реляционного **деления** два операнда - бинарное и унарное отношения. Результирующее отношение состоит из одноатрибутных кортежей, включающих значения первого атрибута кортежей первого операнда таких, что множество значений второго атрибута (при фиксированном значении первого атрибута) совпадает со множеством значений второго операнда.

## Деление



## Пример операции деления

### Ведомость

Фамилия студента	Предмет	Оценка
Малеванная	Базы данных	4
Малеванная	Менеджмент	5
Шумилова	Менеджмент	4
Шумилова	Базы данных	5
Козлов	Менеджмент	4

### Критерий

Предмет	Оценка
Базы данных	5
Менеджмент	4

### Результат

Фамилия студента
Шумилова