

# КУРС «БАЗЫ ДАННЫХ»

## Лекция 4. Операции реляционной алгебры



# Реляционная модель

## данных

В основу модели положена математическая теория отношений.

**Домен** – это множество возможных значений некоторой величины из предметной области.

Например: **Фамилии** = {Иванов, Петров, Сидоров} или **Дисциплины** = {БД, СПО, ПЯВУ}

**Декартово произведение множеств** – множество всевозможных пар сочетаний элементов из  $D_1$  и  $D_2$ :  $D_1 \times D_2 = \{(2,1), (2,3), (2,5), (4,1), (4,3), (4,5)\}$

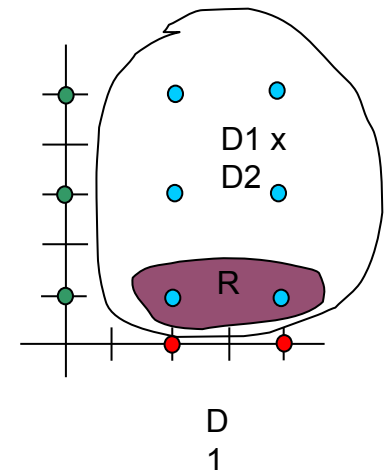
**Отношение** – любое подмножество из декартова произведения доменов.

Не формально: отношение (relationship) – зависимость одних данных от других

Например,

$$R = \{(2,1), (4,1)\}$$

$$D_1 \times D_2 = \{(2,1), (2,3), (2,5), (4,1), (4,3), (4,5)\}$$



# Характеристики отношения

Отношение моделирует реальную ситуацию, т.е. для каждого элемента из  $R$  можно утверждать, что он соответствует действительности

Фамилия студента: фамилия	Учебная дисциплина: дисциплина	Экзаменационная оценка: оценка
Иванов	СПО	2
Петров	БД	4
Петров	СПО	5

- **Кортеж** – это строка таблицы (запись).
- **Атрибут** – это столбец таблицы, отражающий вхождение домена в отношение (поле).
- **Степень отношения** – количество атрибутов (полей).
- **Кардинальность** – количество кортежей (записей).
- **Схема отношения** – перечень имен атрибутов с указанием соответствующих доменов

# Свойства отношения

- **В отношении не может быть двух одинаковых кортежей**, при этом порядок их следования может быть произвольный.
- **Атрибуты (поля) должны иметь уникальные имена.**
- **Атомарность значений атрибутов**, в связи с определением домена как потенциального множества значений простого типа данных.
- **Целостность сущности и ссылок.** Любой кортеж любого отношения отличим от любого другого кортежа этого отношения, т.е. любое отношение должно обладать первичным ключом. Сложные сущности реального мира представляются в виде нескольких кортежей нескольких связанных отношений.
- Для поддержания уникальности кортежей отношения определяется **первичный ключ (PRIMARY KEY)**.
- Для поддержания связи между двумя отношениями определяется **внешний ключ (FOREIGN KEY)**.

# Сравнимость атрибутов отношений

Если атрибуты из одного домена, то они называются  **$\theta$ -сравнимыми**, где  $\theta$  - множество операций сравнения для заданного домена. Например, место рождения и место жительства – сравнимы, место рождения и год рождения не сравнимы (разные домены).

Для домена «Год рождения»  $\theta = \{=, <>, >, <, >=, <= \}$

Для домена «Место жительства»  $\theta = \{=, <> \}$

**Эквивалентные схемы** – одинаковая степень и одинаковый порядок следования атрибутов

# Операции реляционной алгебры

↙  
бинарные  
(множественные)

- объединение
- пересечение
- разность
- соединение
- произведение

↘  
унарные  
(специализированные)

- выборка
- проекция

# Объединение



Отношение R1

Номер	Название
10	Гайка
11	Шайба
12	Муфта

Отношение R2

Номер	Название
12	Муфта
13	Муфта
14	Гайка

Пусть R1 и R2 два отношения с эквивалентными схемами.

Тогда  $R1 \cup R2$  - объединение R1 и R2.

В результате создается отношение с такой же схемой, в которое входят все кортежи из R1 и те кортежи из R2, которых нет в R1

---

Какие детали используются в цехах (R1 и R2)?

$R1 \cup R2$

Номер	Название
10	Гайка
11	Шайба
12	Муфта
13	Муфта
14	Гайка

# Оператор UNION

Оператор UNION объединяет результаты двух запросов в один выходной набор строк. Повторяющиеся строки по умолчанию исключаются, при этом столбцы с пустыми значениями считаются одинаковыми.

Распространенный синтаксис:

```
SELECT Инструкция1
```

```
UNION [ALL]
```

```
SELECT Инструкция2
```

```
UNION [ALL]
```

...

Предложение ORDER BY можно использовать только один раз для всего оператора.

В базе данных ВЦ института хранятся списки сотрудников и студентов, имеющих доступ к ресурсам сети. Вывести список всех пользователей.

```
SELECT Номер, Фамилия FROM Сотрудник
```

```
UNION
```

```
SELECT Номер, Фамилия FROM Студент
```

```
ORDER BY Номер, Фамилия
```



# Пересечение



## Отношение R1

Номер	Название
10	Гайка
11	Шайба
12	Муфта

## Отношение R2

Номер	Название
12	Муфта
13	Муфта
14	Гайка

Пусть R1 и R2 два отношения с эквивалентными схемами. Тогда :  
 $R1 \cap R2$  - пересечение R1 и R2. В результате отношение с той же схемой, в которое входят одинаковые кортежи, имеющиеся и в R1 и в R2

---

Какие детали используются как в первом (R1), так и во втором цехе (R2)?

## $R1 \cap R2$

Номер	Название
12	Муфта

# Оператор INTERSECT

Оператор INTERSECT примененный к двум наборам строк создает результирующий набор, включая в него те строки, которые есть в обоих исходных наборах.

Распространенный синтаксис:

```
SELECT Инструкция1
```

```
INTERSECT [ALL]
```

```
SELECT Инструкция2
```

```
INTERSECT [ALL]
```

Необязательное ключевое слово ALL позволяет оставить повторяющиеся строки в исходных наборах, при этом столбцы с пустыми значениями считаются одинаковыми.

В базе данных ВЦ института хранятся списки сотрудников и студентов, имеющих доступ к ресурсам сети. Вывести список студентов, которые являются сотрудниками института.

```
SELECT Номер, Фамилия FROM Сотрудник  
INTERSECT
```

```
SELECT Номер, Фамилия FROM Студент  
ORDER BY Номер, Фамилия
```

# Разность



Отношение R1	
Номер	Название
10	Гайка
11	Шайба
12	Муфта

Отношение R2	
Номер	Название
12	Муфта
13	Муфта
14	Гайка

Пусть R1 и R2 два отношения с эквивалентными схемами.

Тогда :  $R1 - R2$  - разность R1 и R2. В результате отношение с той же схемой, в которое входят те кортежи из R1, которых нет в R2.

Результат операции зависит от порядка следования операндов.

Какие детали используются только в первом (R1) цехе?

R1 - R2	
Номер	Название
10	Гайка
11	Шайба

# Оператор EXCEPT

Оператор EXCEPT примененный к двум наборам строк создает результирующий набор, включая в него те строки из первого набора которые отсутствуют во втором.

Распространенный синтаксис:

```
SELECT Инструкция1
```

```
EXCEPT
```

```
SELECT Инструкция2
```

```
EXCEPT
```

В базе данных ВЦ института хранятся списки сотрудников и студентов, имеющих доступ к ресурсам сети. Вывести список сотрудников, которые не являются студентами.

```
SELECT Номер, Фамилия FROM Сотрудник
```

```
EXCEPT
```

```
SELECT Номер, Фамилия FROM Студент
```

```
ORDER BY Номер, Фамилия
```

# Произведение

Произведение двух отношений (декартово произведение) – это объединение каждой строки первого отношения со всеми строками второго.

Если отношение R1 имеет n кортежей, а отношение R2 имеет m кортежей, то их произведение  $R1 \times R2$  будет иметь  $n \times m$  кортежей. Операция  $R1 \times R2$  допустима для любых двух отношений.

## Произведение отношений «Детали» и «Поступления»

Детали.НомерДетали	Название	НомерПоступления	Поступления.НомерДетали
10	Муфта	1	10
11	Шайба	1	10
12	Муфта	1	10
13	Муфта	1	10
14	Гайка	1	10
15	Гайка	1	10
16	Болт	1	10
10	Муфта	2	11
11	Шайба	2	11
12	Муфта	2	11

# Естественное соединение

*Естественным* или *натуральным* называется соединение двух взаимосвязанных отношений, при котором объединяются кортежи с совпадающими значениями общих атрибутов.

Операция обозначается значком  $\bowtie$ .

*Отношение R1*

Фамилия	Группа
Иванов	101
Петров	101
Николаева	110

*Отношение R2*

Группа	Специальность
101	ИСТ
102	МТ
110	ПОВТ

$R1 \bowtie R2$

Фамилия	Группа	Специальность
Иванов	101	ИСТ
Петров	101	ИСТ
Николаева	110	ПОВТ

# Пример

Группа	Специальность
101	ИСТ
102	ПОВТ
103	МТ

а)

Фамилия	Группа
Иванов	101
Петров	101
Николаева	102
Степанова	110

б)

Фамилия	Группа	Специальность
Петров	101	ИСТ
Иванов	101	ИСТ
Николаева	102	ПОВТ

в)

Естественное соединение а) – отношение Группы, б) – отношение Студенты,  
в) - отношение  $R = \text{Студенты} \square \square \text{Группы}$

# Внешнее соединение

**Внешнее соединение** расширяет естественное соединение: в ответ включаются и те записи, для которых не найдено совпадающее значение общего атрибута. Недостающим атрибутам присваивается пустое значение.

Внешнее соединение можно выполнить относительно любого из двух отношений. Каждый кортеж этого отношения включается в ответ хотя бы один раз.

Синтаксис выражения объединения двух таблиц:

***FROM* таблица1 [тип соединения] JOIN таблица2 [ON условие соединения]**

Тип соединения задается с использованием следующих ключевых слов:

- **INNER JOIN** – внутреннее соединение, используется по умолчанию;
- **LEFT JOIN** – левое внешнее соединение;
- **RIGHT JOIN** – правое внешнее соединение;
- **FULL JOIN** – полное внешнее соединение;



# Пример

Группа	Специальность
101	ИСТ
102	ПОВТ
103	МТ

а)

Фамилия	Группа
Иванов	101
Петров	101
Николаева	102
Степанова	110

б)

Группа	Специальность	Фамилия
101	ИСТ	Петров
101	ИСТ	Иванов
102	ПОВТ	Николаева
103	МТ	

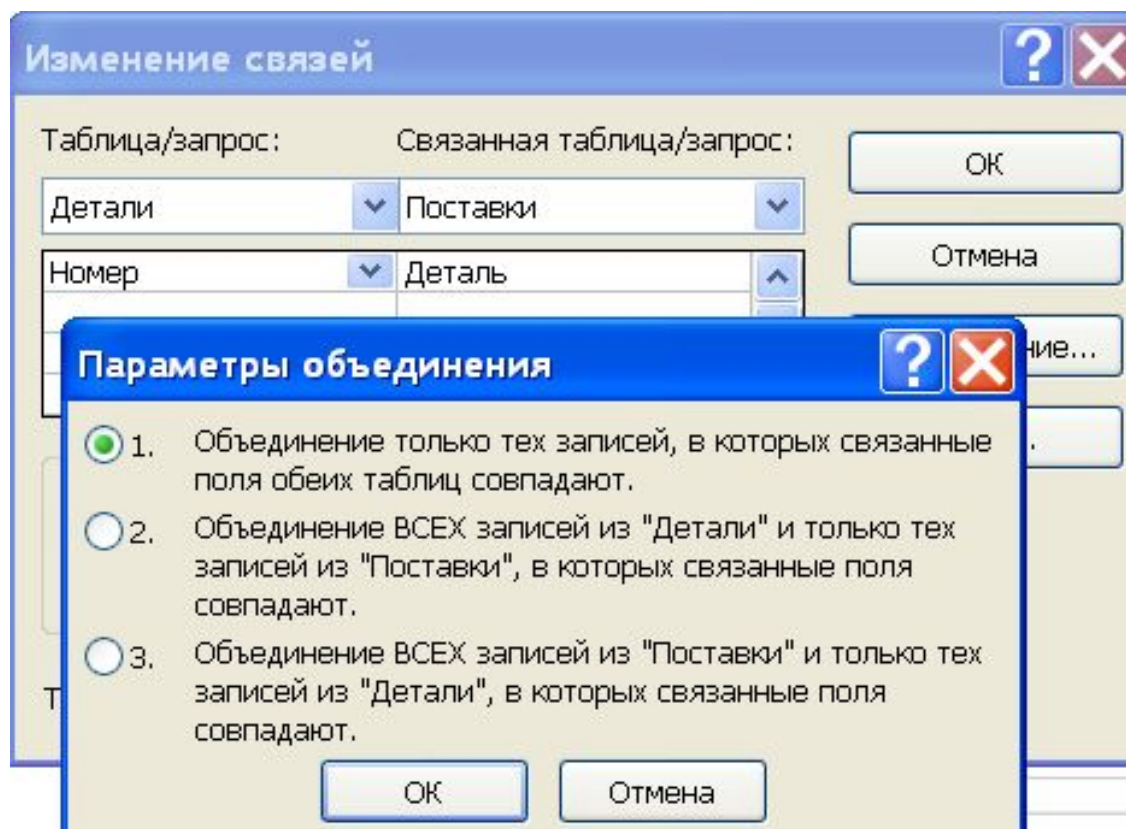
в)

Фамилия	Группа	Специальность
Иванов	101	ИСТ
Петров	101	ИСТ
Николаева	102	ПОВТ
Степанова	110	

г)

**Внешнее соединение: а) – отношение Группы, б) – отношение Студенты,  
в) Соединение относительно отношения Группы,  
г) Соединение относительно отношения Студенты**

# Параметры объединения записей связанных таблиц



## Выборка (Select)

Операция *горизонтального выбора* – это создание нового отношения из исходного путем отбора кортежей, удовлетворяющих заданному условию. При этом схема отношения не изменяется.

Операндами логического выражения являются атрибуты отношения R и константы. Разрешенные операции:  $>$ ,  $<$ ,  $>=$ ,  $<=$ ,  $=$   $<>$ .

Простые логические выражения могут быть операндами в сложных логических выражениях с использованием логических операций AND, OR, NOT.

Название = 'Муфта'

Вес > 9

Название = 'Муфта' AND Вес > 9

## Примеры

### Отношение Детали

Номер	Название	Цвет	Вес
10	Муфта	Зеленый	17,2
11	Шайба	Красный	11,5
12	Муфта	Синий	9,8
13	Муфта	Синий	8,7
14	Болт	Серый	20

Отношение  $R = \sigma_{\text{Название} = \text{'Муфта'}} (\text{Детали})$

Номер	Название	Цвет	Вес
10	Муфта	Зеленый	17,2
12	Муфта	Синий	9,8
13	Муфта	Синий	8,7

Отношение  $R = \sigma_{\text{Вес} < 10} (\text{Детали})$

Номер	Название	Цвет	Вес
12	Муфта	Синий	9,8
13	Муфта	Синий	8,7

# Проекция

Оператор *проекции* (вертикальный выбор) применяется к отношению для получения нового отношения, содержащего только некоторые столбцы исходного.

## Пример

Отношение Детали

Номер	Название	Цвет	Вес
10	Муфта	Зеленый	17,2
11	Шайба	Красный	11,5
12	Муфта	Синий	9,8
13	Муфта	Синий	8,7
14	Болт	Серый	20

Отношение  $R = \pi_{\text{Название, Цвет}}(\text{Детали})$

Название	Цвет
Муфта	Зеленый
Шайба	Красный
Муфта	Синий
Гайка	Серый

Отношение, полученное в результате проекции, содержит меньше строк, чем исходное. Повторяющаяся строка в ответ не включается.

**Расширенная проекция** позволяет в список атрибутов нового отношения включать вычисляемые выражения арифметические или строковые. Значение нового атрибута вычисляется из значений других атрибутов кортежа.

Определены несколько операций вычисления общих значений атрибута – SUM, AVG, MIN, MAX, COUNT.

## Формирование запросов

Запрос на получение данных строится как выражение реляционной алгебры с использованием скобок, устанавливающих приоритет выполнения операций.

Пример.

Вывести номер и количество для деталей с названиями «Муфта».

Выражение реляционной алгебры:

$\pi$  Номер, Количество ( $\sigma$  Название = 'Муфта' (Детали)    
Поступления)

Другой способ:

$\pi$  Номер, Количество ( $\sigma$  Название = 'Муфта' (Детали    
Поступления))

Если запрос включает несколько операций с множествами, то выполняется сначала операция с двумя множествами, результат первой операции используется как исходный набор строк для следующей операции и так далее. Можно использовать круглые скобки, для того, чтобы явно задать последовательность выполнения операций.

Для всех операций порядок, число и тип данных в исходных множествах должны совпадать.



# Другие операции реляционной алгебры

Операции обработки кортежей изменяют состав кортежей в отношении:

- ДОБАВИТЬ (INSERT)
- УДАЛИТЬ (DELETE)
- ИЗМЕНИТЬ (UPDATE)

Определена операция **переименования** атрибутов и отношений. В запросах эта операция имеет большое практическое значение. В результате запроса мы получаем набор кортежей, который нужно представить в удобном для просмотра виде, включая и изменение имен атрибутов.