

## ТЕМА 4. РЕЛЯЦИОННАЯ АЛГЕБРА

**Основное утверждение манипуляционной части:** доступ к реляционным данным осуществляется при помощи реляционной алгебры или эквивалентного ему реляционного исчисления.

Реляционная алгебра представляет собой набор операторов, использующих отношения в качестве аргументов, и возвращающие отношения в качестве результата. Таким образом, реляционный оператор  $f$  выглядит как функция с отношениями в качестве аргументов:  
$$R = f(R_1, R_2, \dots, R_n)$$

Реляционная алгебра является замкнутой, т.к. в качестве аргументов в реляционные операторы можно подставлять другие реляционные операторы, подходящие по типу:

$$R = f(f_1(R_{11}, R_{12}, \dots), f_2(R_{21}, R_{22}, \dots), \dots)$$

Определяют восемь реляционных операторов, объединенных в две группы.

– **Теоретико-множественные операторы:** Объединение, Пересечение, Вычитание, Декартово произведение

– **Специальные реляционные операторы:** Выборка, Проекция, Соединение, Деление

Отношения **совместимы по типу**, если:

- Отношения имеют *одно и то же множество имен атрибутов*;
- Атрибуты с одинаковыми именами *определены на одних и тех же доменах*.

**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 кортежей, принадлежащих или  $A$ , или  $B$ , или обоим отношениям.

$A \cup B$

Замечание. Объединение не может содержать одинаковых кортежей (повторы исключаются)

Замечание. Потенциальные ключи *не наследуются* объединением отношений.

Табельный номер	Фамилия	Зарплата
1	Иванов	1000
2	Петров	2000
3	Сидоров	3000

Табельный номер	Фамилия	Зарплата
1	Иванов	1000
2	Пушников	2500
4	Сидоров	3000

Табельный номер	Фамилия	Зарплата
1	Иванов	1000
2	Петров	2000
3	Сидоров	3000
2	Пушников	2500
4	Сидоров	3000

Табельный номер	Фамилия	Зарплата
1	Иванов	1000

Табельный номер	Фамилия	Зарплата
2	Петров	2000
3	Сидоров	3000

**Пересечением** 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 одновременно обоим отношениям  $A$  и  $B$ .

$A \cap B$

**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  $B$ .

$A \text{ EXCEPT } B$

**Декартовым произведением** двух отношений  $A(A_1, A_2, \dots, A_n)$  и  $B(B_1, B_2, \dots, B_m)$  называется отношение, заголовок которого является **сцеплением заголовков** отношений  $A$  и  $B$

$$(A_1, A_2, \dots, A_n, B_1, B_2, \dots, B_m),$$

а тело состоит из кортежей, являющихся **сцеплением кортежей** отношений  $A$  и  $B$ :

$$(a_1, a_2, \dots, a_n, b_1, b_2, \dots, b_m),$$

таких, что  $(a_1, a_2, \dots, a_n) \in A, (b_1, b_2, \dots, b_m) \in B$ .

$A \text{ CROSS JOIN } B$

Замечание. Мощность произведения равна произведению мощностей отношений  $A$  и  $B$ .

Замечание. Если в отношения  $A$  и  $B$  имеются атрибуты с одинаковыми наименованиями, то перед выполнением операции декартового произведения такие атрибуты необходимо переименовать.

Замечание. Совместимость по типу при этом не требуется.

Номер поставщика	Наименование поставщика		
1	Иванов		
2	Петров		
3	Сидоров		
Номер детали	Наименование детали		
1	Болт		
2	Гайка		
3	Винт		
Номер поставщика	Наименование поставщика	Номер детали	Наименование детали
1	Иванов	1	Болт
1	Иванов	2	Гайка
1	Иванов	3	Винт
2	Петров	1	Болт
2	Петров	2	Гайка
2	Петров	3	Винт
3	Сидоров	1	Болт
3	Сидоров	2	Гайка
3	Сидоров	3	Винт

**Выборкой (ограничением, селекцией)** на отношении  $A$  с условием  $C$  называется отношение с тем же заголовком, что и у отношения  $A$ , и телом, состоящем из кортежей, значения атрибутов которых при подстановке в условие  $C$  дают значение ИСТИНА.  $C$  представляет собой логическое выражение, в которое могут входить атрибуты отношения  $A$  и (или) скалярные выражения.

$A \text{ WHERE } c$

Табельный номер	Фамилия	Зарплата
1	Иванов	1000
2	Петров	2000
3	Сидоров	3000
Табельный номер	Фамилия	Зарплата
1	Иванов	1000
2	Петров	2000

$A \text{ WHERE Зарплата} < 3000$

**Проекцией** отношения  $A$  по атрибутам  $X, Y, \dots, Z$ , где каждый из атрибутов принадлежит отношению  $A$ , называется отношение с заголовком  $(X, Y, \dots, Z)$  и телом, содержащим множество кортежей вида  $(x, y, \dots, z)$ , таких, для которых в отношении  $A$  найдутся кортежи со значением атрибута  $X$  равным  $x$ , значением атрибута  $Y$  равным  $y$ , ..., значением атрибута  $Z$  равным  $z$ .

$A[X, Y, \dots, Z]$

Город поставщика
Уфа
Москва
Челябинск

Номер поставщика	Наименование поставщика	Город поставщика
1	Иванов	Уфа
2	Петров	Москва
3	Сидоров	Москва
4	Сидоров	Челябинск

$A[\text{Город поставщика}]$

**Соединением** отношений *A* и *B* по условию *c* называется отношение  
(*A CROSS JOIN B*) *WHERE c*

*c* представляет собой логическое выражение, в которое могут входить атрибуты отношений *A* и *B* и (или) скалярные выражения.

Соединение (как, впрочем, и соединение общего вида) обладает свойством **ассоциативности**, т.е.

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

Номер поставщика PNUM	Наименование поставщика PNAME	Номер детали DNUM	Наименование детали DNAME
1	Иванов	1	Болт
2	Петров	2	Гайка
3	Сидоров	3	Винт

Номер поставщика PNUM	Номер детали DNUM	Поставляемое количество VOLUME
1	1	100
1	2	200
1	3	300
2	1	150
2	2	250
3	1	1000

Номер поставщика PNUM	Наименование поставщика PNAME	Номер детали DNUM	Наименование детали DNAME	Поставляемое количество VOLUME
1	Иванов	1	Болт	100
1	Иванов	2	Гайка	200
1	Иванов	3	Винт	300
2	Петров	1	Болт	150
2	Петров	2	Гайка	250
3	Сидоров	1	Болт	1000

*P JOIN PD JOIN D*

#### **Примитивные операторы:**

– оператор декартового произведения – единственный оператор, *увеличивающий количество атрибутов*, поэтому его нельзя выразить через объединение, вычитание, выборку, проекцию.

– оператор проекции – единственный оператор, *уменьшающий количество атрибутов*, поэтому его нельзя выразить через объединение, вычитание, декартово произведение, выборку;

– оператор выборки – единственный оператор, позволяющий проводить сравнения по атрибутам отношения, поэтому его нельзя выразить через объединение, вычитание, декартово произведение, проекцию.

## Запросы, невыразимые средствами реляционной алгебры

### – Плохая нормализация отношений

ХИМИЧЕСКИЙ\_СОСТАВ\_ВЕЩЕСТВ (Наименование вещества, Водород, Гелий, ..., 105\_элемент).  
Значением атрибута "Вещество" являются наименования химических веществ, значениями остальных атрибутов - процентный состав соответствующих элементов в этом веществе.

Наименование вещества	Водород	Гелий	...	105 элемент
Дезоксирибону-клеиновая кислота	5	3	...	0.01
Бензин	50	0	...	0
...	...	...	...	...

"Найти все химические элементы, содержание которых в каком-либо из веществ превышает заданный процент (скажем, 90)".

Запрос невозможно выразить в рамках реляционной алгебры, т.к. ответом должен быть *список атрибутов* отношений, удовлетворяющих определенному условию, но в реляционной алгебре нет операторов, манипулирующих с наименованиями атрибутов.

### – транзитивное замыкание:

СОТРУДНИКИ (ТАБ\_НОМ, ФАМИЛИЯ, ДОЛЖНОСТЬ, ТАБ\_НОМ\_РУК):

ТАБ_НОМ	ФАМИЛИЯ	ДОЛЖНОСТЬ	ТАБ_НОМ_РУК
1	Иванов	Директор	1
2	Петров	Глав.бухгалтер	1
3	Сидоров	Бухгалтер	2
4	Васильев	Начальник цеха	1
5	Сухов	Мастер	4
6	Шарипов	Рабочий	5
...	...	...	...

"Перечислить всех руководителей (прямых и непрямых) данного сотрудника".

### – кросс-таблицы:

Товар	Месяц	Количество
Компьютеры	Январь	100
Принтеры	Январь	200
Сканеры	Январь	300
Компьютеры	Февраль	150
Принтеры	Февраль	250
Сканеры	Февраль	350
...	...	...

Товар	Январь	Февраль	...
Компьютеры	100	150	...
Принтеры	200	250	...
Сканеры	300	350	...