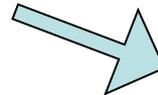


# Теория реляционной модели данных

# Предпосылки создания РМ

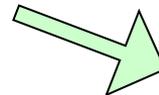
Предпосылки разработки реляционной модели – устранить недостатки иерархической и сетевой моделей

**1. Жесткая структура, требующая распределения памяти между структурными элементами этих моделей**



**1. Устранить явные указатели на предков и потомков**

**2. Запросы к БД реализовывались как навигационные программы.**



**2. Формализовать операции над БД**

# Теоретические основы РМ

Теоретической основой реляционной модели стала теория отношений

Основоположники теории отношений

Чарльз Пирс (1829-1914)

Эрнст Шредер (1841-1902)

# Структура данных в РМ

Основной структурой данных в реляционной модели является **ОТНОШЕНИЕ** (*RELATION*)

$n$ -арным **отношением**  $R$  называется подмножество декартового произведения множеств  $D_1, D_2, \dots, D_n$  ( $n > 0$ ) необязательно различных.

$$R \subseteq D_1 \times D_2 \times \dots \times D_n$$

Исходные множества  $D_1, D_2, \dots, D_n$  называются **ДОМЕНАМИ**

Вхождение ДОМЕНА в отношение называется **атрибутом**

Количество атрибутов в отношении называется **степенью** или рангом отношения

Строки отношения называются **кортежами**

# Пример отношения

Пример отношения

$D_1 = \{\text{Иванов, Петров, Сидоров}\}$

$D_2 = \{\text{ТСИС, АОС}\}$

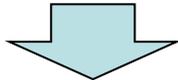
$D_3 = \{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10\}$

$D_1 \times D_2 \times D_3 = \{\{\text{Иванов, ТСИС, 1}\}, \{\text{Иванов, ТСИС, 2}\}, \dots, \{\text{Иванов, ТСИС, 10}\},$   
 $\{\text{Петров, ТСИС, 1}\}, \{\text{Петров, ТСИС, 2}\}, \dots, \{\text{Петров, ТСИС, 10}\},$   
 $\{\text{Сидоров, ТСИС, 1}\}, \{\text{Сидоров, ТСИС, 2}\}, \dots, \{\text{Сидоров, ТСИС, 10}\},$   
 $\{\text{Иванов, АОС, 1}\}, \{\text{Иванов, АОС, 2}\}, \dots, \{\text{Иванов, АОС, 10}\},$   
 $\{\text{Петров, АОС, 1}\}, \{\text{Петров, АОС, 2}\}, \dots, \{\text{Петров, АОС, 10}\},$   
 $\{\text{Сидоров, АОС}\}, \{\text{Сидоров, АОС 2}\}, \dots, \{\text{Сидоров, АОС 10}\}\}$

$R = \{\{\text{Иванов, ТСИС, 8}\}, \{\text{Петров, ТСИС, 5}\}, \{\text{Сидоров, ТСИС, 7}\},$   
 $\{\text{Иванов, АОС, 8}\}, \{\text{Сидоров, АОС 5}\}\}$

# Представление отношения

Графической интерпретацией отношения является **таблица**



R		
Фамилия	Дисциплин.	Оценка
Иванов	ТСИС	8
Петров	ТСИС	5
Сидоров	ТСИС	7
Сидоров	АОС	5
Иванов	АОС	8

атрибуты

картежи

Свойства таблиц

1. Каждый атрибут имеет уникальное имя
2. С таблице нет 2-х одинаковых строк
3. Порядок строк произвольный

# Схема отношений РМ

**Схемой отношения** называется перечень имен атрибутов данного отношения с указанием домена, к которому они относятся.

$$S_R = (A_1, A_2, \dots, A_n), A_i \in D_i$$

**Схемы двух отношений** называются **эквивалентными**, если они имеют одинаковую степень и возможно такое упорядочивание атрибутов в схемах, что на одинаковых местах будут находиться сравнимые атрибуты.

$$S_{R1} = (A_1, A_2, \dots, A_n), S_{R2} = (B_1, B_2, \dots, B_m),$$
$$S_{R1} \sim S_{R2} \text{ Ю} \left\{ \begin{array}{l} n=m \\ A_i, B_i \in D_i \end{array} \right.$$

**Атрибуты** называется  **$\theta$ -сравнимыми**, если они принимают значения из одного и того же домена, где  $\theta$  – это множество допустимых операций сравнения для данного домена.

# База данных в РМ

**База данных в РМ** представляется в виде взаимосвязанных отношений.

**Связи в РМ** поддерживаются в неявном виде через значения атрибутов отношений.

**Типы связей в РМ** – иерархические, т.е. одно отношение выступает как основное, другое как подчиненное.

**Поддерживаемые связи в РМ** – 1:1, 1:М, М:1

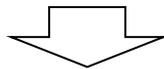
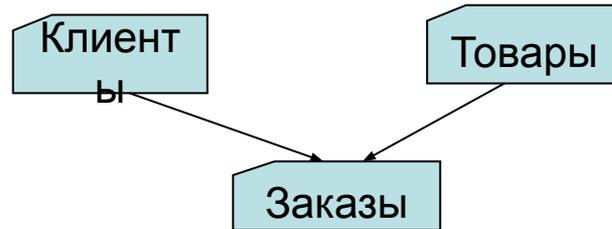
**Атрибуты основного отношения, которые участвуют в связях, называются первичным ключом (PRIMARY KEY)**

**Первичный ключ однозначно определяет кортежи основного отношения**

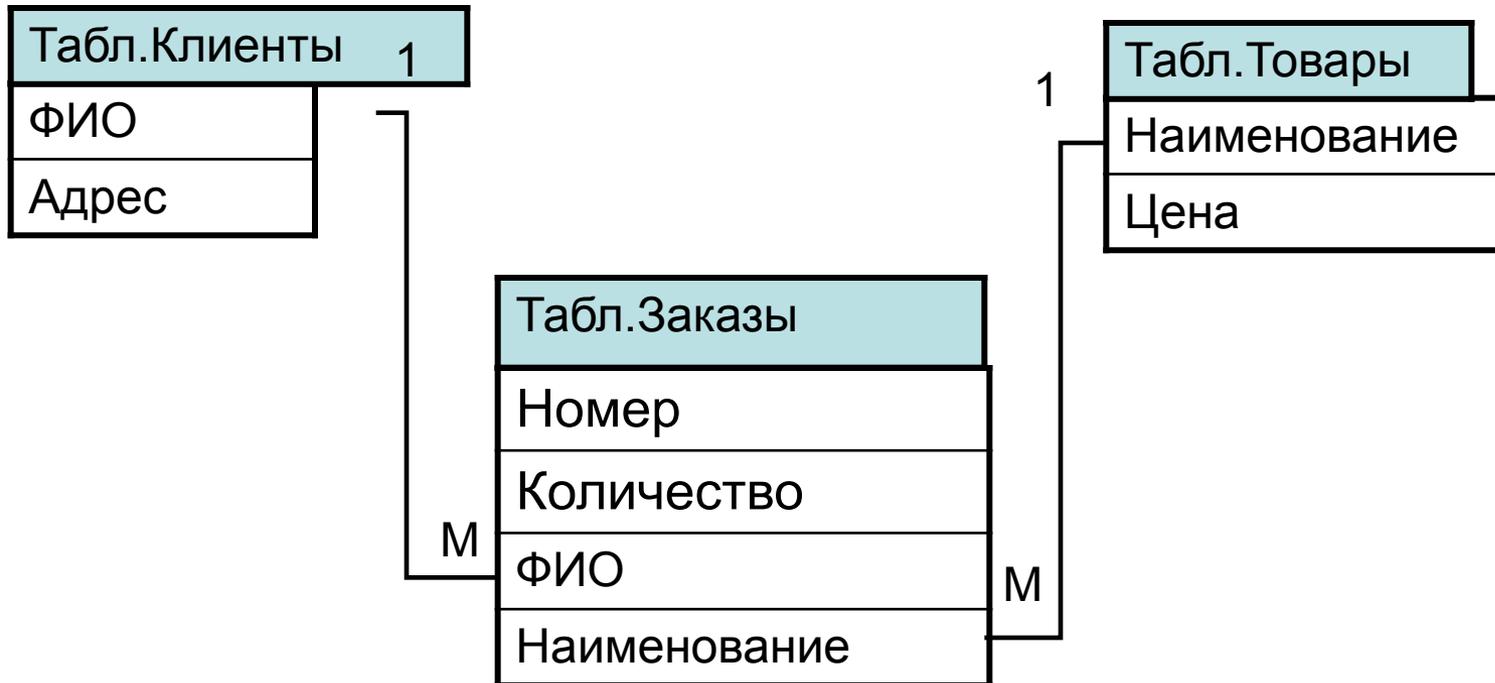
**Атрибуты подчиненного отношения, которые участвуют в связях, называются вторичным ключом (FOREIGN KEY)**

# Пример схемы БД в РМ

## Сетевая модель



## Реляционная модель



# Данные в РМ

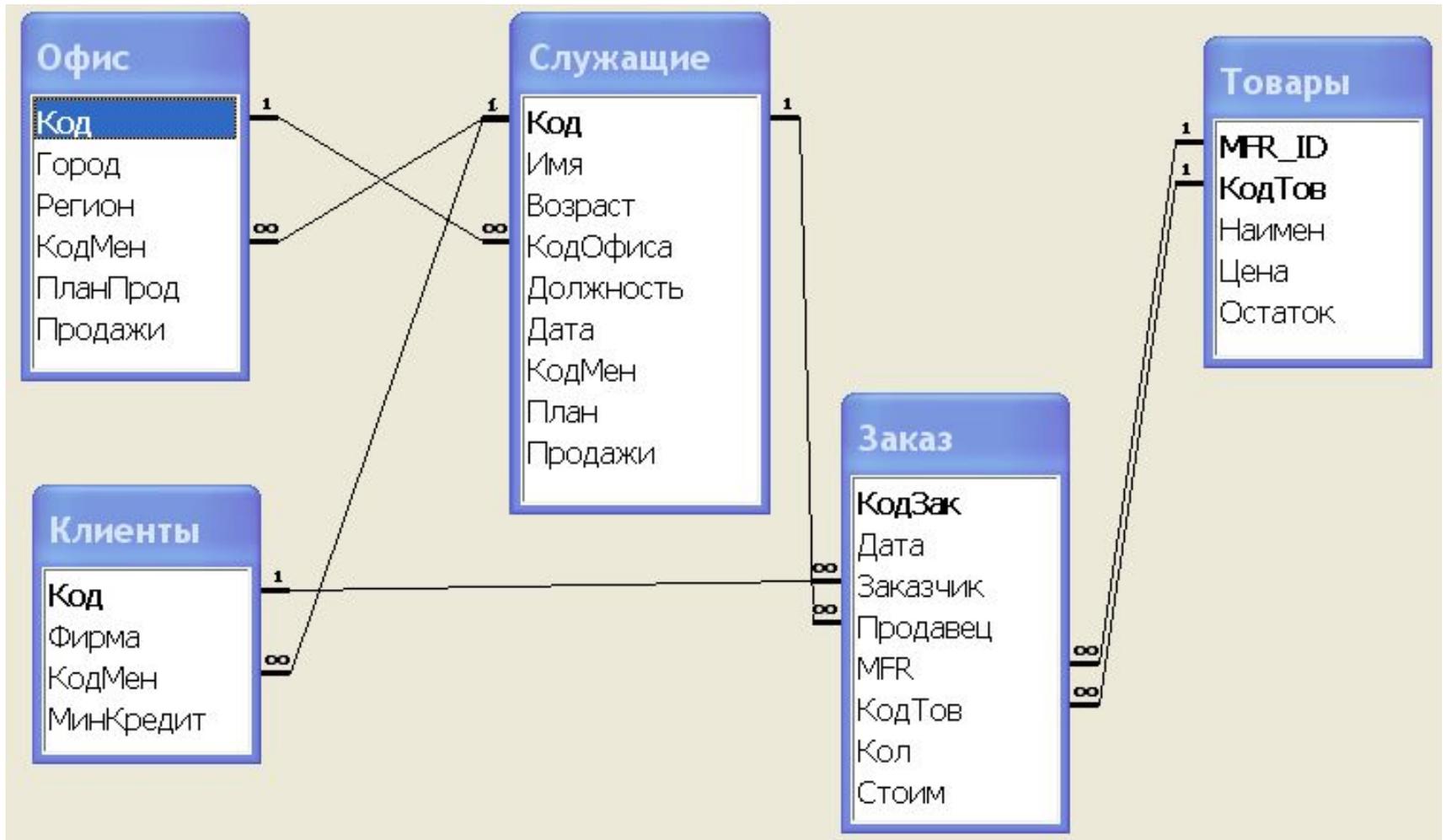
ФИО	Адрес
Иванов	Москва
Петров	Ворнеж

Наименование	Цена
Ручка	1000
Карандаш	800
Фломастер	2500

Связи неявные по значениям

Номер	Количество	ФИО	Наименование
2000	1000	Иванов	Карандаш
2000	5000	Иванов	Фломастер
2001	2000	Петров	Ручка
2001	2000	Петров	Карандаш
2100	6000	Иванов	Карандаш

# Пример схемы БД торговой компании



# Данные БД торговой компании

## Табл. Офис

Код	Расположение	Регион	КодМен	ПланПрод	Продажи
<b>11</b>	New York	Eastern	106	575 000	692 637
<b>12</b>	Chicago	Eastern	104	800 000	735 042
13	Atlanta	Eastern	105	350 000	367 911
21	Los Angeles	Western	108	725 000	835 915
22	Denver	Western	108	300 000	186 042

## Табл. Служащие

Код	Имя	Возраст	КодОфиса	Должность	Дата	КодМен	План	Продажи
<b>101</b>	Dan Roberts	45	13	Salle Rep	20.10.1996	104	300 000	305 673
102	Sue Smith	48	11	Salle Rep	10.12.1996	108	350 000	474 050
103	Paul Cruz	29	21	Salle Rep	01.03.1997	104	275 000	286 775
<b>104</b>	Bob Smith	33	11	Salle Mgr	19.05.1997	<b>106</b>	200 000	142 594
105	Bill Adams	37	<b>12</b>	Salle Rep	12.02.1998	104	350 000	367 911
<b>106</b>	Sam Clark	52	12	VP Salle	14.06.1998	0	275 000	299 912
107	Nancy Angelli	49	22	Salle Rep	14.11.1998	108	300 000	186 042
108	Larry Fitch	62	21	Salle Mgr	12.10.1999	106	350 000	361 865
109	Mery Jones	31	12	Salle Rep	12.10.1999	106	300 000	392 725
110	Tom Snyder	41	12	Salle Rep	13.01.2000	101	0	75 985

# Данные БД торговой компании

## Табл. Клиенты

Код	Фирма	КодМен	МинКредит
2101	Jones Mfg.	106	65 000
2102	First Corp.	101	65 000
2103	Acme Mfg.	105	50 000
2105	AAA Investments	101	45 000
2106	Fred Lewis Corp.	102	65 000
2107	Ace International	110	35 000
2108	Holm & Landis	109	55 000
2109	Chen Associates	103	25 000
2111	JCP Inc.	103	50 000
2112	Zetacorp	108	50 000
2113	Ian & Schmidt	104	20 000
2114	Orion Corp.	102	20 000
2115	Smithson Corp.	101	20 000
2117	J.P.Sinclair	106	35 000
2118	Midwest Systems	108	60 000
2119	Solomon Inc.	109	25 000
2120	Rico Enterprises	102	50 000
2121	QMA Assoc.	103	45 000
2122	Thee-Way Lines	105	30 000
2123	Crter & Sons	102	40 000
2124	PeterBrothers	107	40 000

## Табл. Служащие

Код	Имя	Возраст	КодОфиса	Должность	Дата	КодМен	План	Продажи
101	Dan Roberts	45	13	Salle Rep	20.10.1996	104	300 000	305 673
102	Sue Smith	48	11	Salle Rep	10.12.1996	108	350 000	474 050
103	Paul Cruz	29	21	Salle Rep	01.03.1997	104	275 000	286 775
104	Bob Smith	33	11	Salle Mgr	19.05.1997	106	200 000	142 594
105	Bill Adams	37	12	Salle Rep	12.02.1998	104	350 000	367 911
106	Sam Clark	52	12	VP Salle	14.06.1998	0	275 000	299 912
107	Nancy Angelli	49	22	Salle Rep	14.11.1998	108	300 000	186 042
108	Larry Fitch	62	21	Salle Mgr	12.10.1999	106	350 000	361 865
109	Mery Jones	31	12	Salle Rep	12.10.1999	106	300 000	392 725
110	Tom Snyder	41	12	Salle Rep	13.01.2000	101	0	75 985

# Особенности РМ

Реляционная модель характеризуется

Простотой и наглядностью

Серьезным теоретическим обоснованием

# Математические основы реляционной модели

# Операций над отношениями

В реляционной модели разработаны операции над отношениями

## Группа теоретико-множественных операций

Операция объединения

Операция пересечения

Операция разности

Операция расширенного декартового произведения

## Группа специальных операций

Операция ограничения отношения

Операция проецирования

Операция условного соединения

Операция деления

# Операция объединения

**Объединением двух отношений** называется отношение, содержащее множество кортежей, принадлежащих либо 1-му, либо 2-му исходным отношениям, либо обоим отношениям одновременно.

$$R_1 \cup R_2 = \{ r \mid r \in R_1 \vee r \in R_2 \}$$

## Пример операции

R1	
Шифр детали	Название детали
73	Гайка М1
75	Гайка М2
76	Гайка М3
03	Болт М1
06	Болт М3
63	Шайба М1
66	Шайба М3

R2	
Шифр детали	Название детали
73	Гайка М1
75	Гайка М3
77	Гайка М4
04	Болт М2
06	Болт М3

$$R_3 = R_1 \cup R_2$$



R3	
Шифр детали	Название детали
73	Гайка М1
75	Гайка М2
76	Гайка М3
03	Болт М1
06	Болт М3
63	Шайба М1
66	Шайба М3
77	Гайка М4
04	Болт М2

# Операция пересечения

Пересечением двух отношений называется отношение, содержащее множество кортежей, принадлежащих одновременно 1-му и 2-му исходным отношениям.

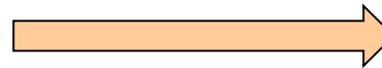
$$R_1 \bowtie R_2 = \{ r \mid r \in R_1 \text{ и } r \in R_2 \}$$

## Пример операции

R1	
Шифр детали	Название детали
73	Гайка M1
75	Гайка M2
76	Гайка M3
03	Болт M1
06	Болт M3
63	Шайба M1
66	Шайба M3

R2	
Шифр детали	Название детали
73	Гайка M1
75	Гайка M3
77	Гайка M4
04	Болт M2
06	Болт M3

$$R_4 = R_1 \bowtie R_2$$



R4	
Шифр детали	Название детали
73	Гайка M1
75	Гайка M2
06	Болт M3
03	Болт M1
06	Болт M3
63	Шайба M1
66	Шайба M3

# Операция разности

Разностью двух отношений называется отношение, содержащее множество кортежей, принадлежащих 1-му отношению и не принадлежащих 2-му отношению.

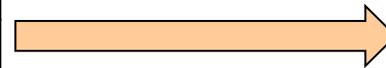
$$R_1 \setminus R_2 = \{ r \mid r \in R_1 \text{ и } r \notin R_2 \}$$

## Пример операции

R1	
Шифр детали	Название детали
73	Гайка М1
75	Гайка М2
76	Гайка М3
03	Болт М1
06	Болт М3
63	Шайба М1
66	Шайба М3

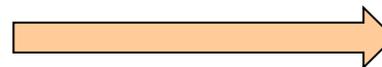
R2	
Шифр детали	Название детали
73	Гайка М1
75	Гайка М3
77	Гайка М4
04	Болт М2
06	Болт М3

$$R_5 = R_1 \setminus R_2$$



R5	
Шифр детали	Название детали
76	Гайка М3
03	Болт М1
63	Шайба М1
66	Шайба М3

$$R_6 = R_2 \setminus R_1$$



R6	
Шифр детали	Название детали
77	Гайка М4
04	Болт М2

# Формализация запроса

**В отличие от навигационных средств манипулирования данными в графовых моделях,**

**операции реляционной алгебры позволяют получить сразу иной качественный результат, который гораздо более понятен пользователям.**

# Пример формализации запроса

Пусть имеем три исходных отношения с эквивалентными схемами:

$R_1 = R_1 = R_1 = (\text{фио, паспорт, школа})$

$R_1$  - содержит список абитуриентов, участвующих в олимпиаде;

$R_2$  - содержит список абитуриентов, сдававших вступительные экзамены;

$R_3$  - содержит список абитуриентов, принятых в ВУЗ.

Задача 1. Получить список абитуриентов, которые поступали 2 раза и не поступили.

**Решение:**  $R = R_1 \boxtimes R_2 \setminus R_3$

Задача 2. Получить список абитуриентов, которые поступали только со 2-го раза.

**Решение:**  $R = R_1 \boxtimes R_2 \boxtimes R_3$

Задача 3. Получить список абитуриентов, которые поступали с 1-го раза.

**Решение:**  $R = (R_1 \setminus R_2 \boxtimes R_3) \boxtimes (R_2 \setminus R_1 \boxtimes R_3)$

# Операция расширенного декартового произведения

**Расширенным декартовым произведением** отношения  $R_1$  степени  $n$  со схемой  $S_{R_1} = (A_1, A_2, \dots, A_n)$  и отношения  $R_2$  степени  $m$  со схемой  $S_{R_2} = (B_1, B_2, \dots, B_m)$  называется отношение  $R_3$  степени  $n+m$  со схемой  $S_{R_3} = (A_1, A_2, \dots, A_n, B_1, B_2, \dots, B_m)$ , содержащее кортежи полученные сцеплением каждого кортежа  $r$  отношения  $R_1$  с каждым кортежем  $q$  отношения  $R_2$ .

$$R_1 \bowtie R_2 = \{ (r, q) \mid r \in R_1 \text{ и } q \in R_2 \}$$

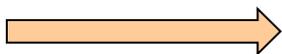
**Сцеплением** кортежей называется кортеж, полученный добавлением значений второго в конец первого.

# Операция расширенного декартового произведения

## Пример операции

R7	
Шифр детали	Название детали
73	Гайка М1
75	Гайка М2
76	Гайка М3
03	Болт М1
06	Болт М3
63	Шайба М1
66	Шайба М3
77	Гайка М4
04	Болт М3

$$R_9 = R_7 \oplus R_8$$



R8
Цех
Цех 1
Цех 2
Цех 3

## Всевозможные комбинации

R9		
Шифр детали	Название детали	Цех
73	Гайка М1	Цех 1
75	Гайка М2	Цех 1
76	Гайка М3	Цех 1
...	...	...
04	Болт М3	Цех 1
73	Гайка М1	Цех 2
75	Гайка М2	Цех 2
...	...	...
04	Болт М3	Цех 2
73	Гайка М1	Цех 3
75	Гайка М2	Цех 3
76	Гайка М3	Цех 3
...	...	...
04	Болт М3	Цех 3

## Реальные комбинации

R10		
Шифр детали	Название детали	Цех
73	Гайка М1	Цех 1
75	Гайка М2	Цех 1
76	Гайка М3	Цех 1
03	Болт М1	Цех 1
77	Гайка М4	Цех 1
04	Болт М3	Цех 1
06	Болт М3	Цех 2
66	Шайба М3	Цех 2
77	Гайка М4	Цех 2
04	Болт М3	Цех 2
73	Гайка М1	Цех 3
76	Гайка М3	Цех 3
06	Болт М3	Цех 3
77	Гайка М4	Цех 3
04	Болт М3	Цех 3

# Операция расширенного декартового произведения

Задача. Определить какие изделия из общей номенклатуры не выпускались в каждом цехе

R10		
Шифр детали	Название детали	Цех
73	Гайка М1	Цех 1
75	Гайка М2	Цех 1
76	Гайка М3	Цех 1
03	Болт М1	Цех 1
77	Гайка М4	Цех 1
04	Болт М3	Цех 1
06	Болт М3	Цех 2
66	Шайба М3	Цех 2
77	Гайка М4	Цех 2
04	Болт М3	Цех 2
73	Гайка М1	Цех 3
76	Гайка М3	Цех 3
06	Болт М3	Цех 3
77	Гайка М4	Цех 3
04	Болт М3	Цех 3

$$R_{11} = R_9 \setminus R_{10}$$


R11		
Шифр детали	Название детали	Цех
06	Болт М3	Цех 1
63	Шайба М1	Цех 1
66	Шайба М3	Цех 1
73	Гайка М1	Цех 2
75	Гайка М2	Цех 2
76	Гайка М3	Цех 2
03	Болт М1	Цех 2
66	Шайба М3	Цех 2
75	Гайка М2	Цех 3
03	Болт М1	Цех 3
63	Шайба М1	Цех 3
66	Шайба М3	Цех 3

# Операция ограничения отношения

**Результатом операции ограничения** заданной на отношении  $R$  в виде булевского выражения, определенного на атрибутах отношения  $R$ , называется отношение  $R[\alpha]$ , содержащее кортежи из исходного отношения, для которого истинно условие  $\alpha$ .

$$R[\alpha(r)] = \{ r \mid r \in R, \text{и } \alpha(r)=\text{true} \}$$

## Пример операции

Задача. Определить цеха, в которых выпускалась изделие с шифром 04

$$R_{12} = R_{10}[\text{Шифр детали} = "04"]$$



R12		
Шифр детали	Название детали	Цех
04	Болт М3	Цех 1
04	Болт М3	Цех 2
04	Болт М3	Цех 3

# Операция проецирования

**Проекцией  $R[\beta]$**  отношения  $R$  на набор атрибутов  $\beta$  называется отношение со схемой, соответствующей набору атрибутов  $\beta$ , содержащее кортежи получаемые из исходного отношения  $R$  путем удаления из них значений, не принадлежащим атрибутам из набора  $\beta$ .

$$R[\beta] = \{r[\beta]\}$$

## Пример операции

Задача. Определить цеха, в которых изготавливают «Болт М3»

$$R_{13} = R_{10}[\text{Шифр детали} = \text{«Болт М3»}]$$



R12		
Шифр детали	Название детали	Цех
04	Болт М3	Цех 1
04	Болт М3	Цех 2
04	Болт М3	Цех 3

$$R_{14} = R_{13}[\text{Цех}]$$



R14
Цех
Цех 1
Цех 2
Цех 3

# Операция условного соединения

**Условным соединением** отношения  $R$  степени  $n$  со схемой  $S_R = (A_1, A_2, \dots, A_n)$  и отношения  $Q$  степени  $m$  со схемой  $S_Q = (B_1, B_2, \dots, B_m)$  при условии  $\beta$ , включающем  $\theta$ -сравнимые атрибуты, называется подмножество декартового произведения отношений  $R$  и  $Q$ , кортежи которого удовлетворяют условию  $\beta$ .

$$R \text{ [}\beta\text{]} Q = \{ (r, q) \mid r \in R \text{ и } q \in Q \text{ и } \beta(r.A_i \theta q.B_i = \text{true}, i=1, k) \}$$

# Операция условного соединения

$$R \bowtie_{\beta} Q = \{ (r, q) \mid r \in R \wedge q \in Q \wedge \beta(r.A_i, \theta q.B_i) = \text{true}, i=1, k \}$$

## Пример операции

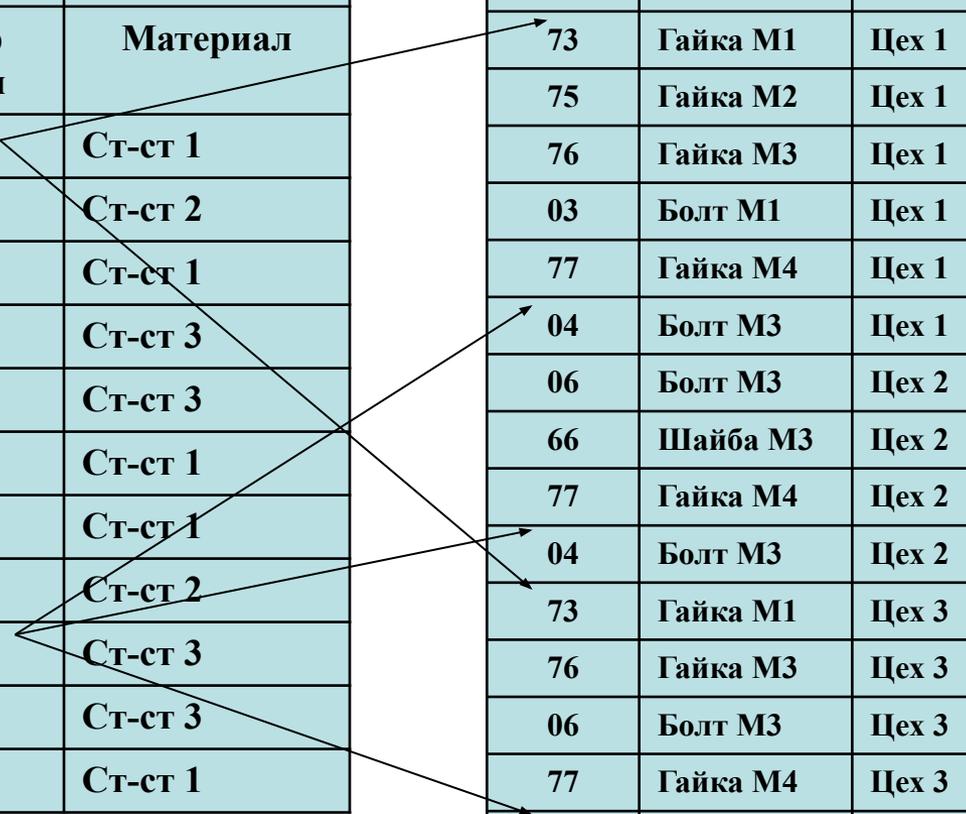
R15	
Шифр детали	Материал
73	Ст-ст 1
75	Ст-ст 2
76	Ст-ст 1
03	Ст-ст 3
06	Ст-ст 3
63	Ст-ст 1
66	Ст-ст 1
77	Ст-ст 2
04	Ст-ст 3
05	Ст-ст 3
62	Ст-ст 1

R10		
Шифр детали	Название детали	Цех
73	Гайка М1	Цех 1
75	Гайка М2	Цех 1
76	Гайка М3	Цех 1
03	Болт М1	Цех 1
77	Гайка М4	Цех 1
04	Болт М3	Цех 1
06	Болт М3	Цех 2
66	Шайба М3	Цех 2
77	Гайка М4	Цех 2
04	Болт М3	Цех 2
73	Гайка М1	Цех 3
76	Гайка М3	Цех 3
06	Болт М3	Цех 3
77	Гайка М4	Цех 3
04	Болт М3	Цех 3

R15 содержит перечень материалов, из которых

состоят изделия, выпускаются в цеху 1 из

Выпуск продукции



# Операция условного соединения

$R [\beta] Q = \{ (r, q) \mid r \in R \wedge q \in Q \wedge \beta(r.A_i \theta q.B_i = \text{true}, i=1, k) \}$

## Пример операции

R15	
Шифр детали	Материал
73	Ст-ст 1
75	Ст-ст 2
76	Ст-ст 1
03	Ст-ст 3
06	Ст-ст 3
63	Ст-ст 1
66	Ст-ст 1
77	Ст-ст 2
04	Ст-ст 3
05	Ст-ст 3
62	Ст-ст 1

Пусть отношение  $R_{15}$  содержит перечень изделий с указанием материалов, из которых они изготавливаются.

Задача. Определить названия изделий, которые изготавливаются в цеху 1 из материала «ст-ст1».

$$R_{16} = R_{10}[\alpha]R_{15}[\text{материал} = \text{«ст-ст1»}]$$



R16
Название детали
Гайка М1
Гайка М3

$$\alpha = (R_{10}.\text{цех} = R_{13}.\text{цех}) \wedge (R_{10}.\text{материал} = \text{«ст-ст1»}) \wedge (R_{15}.\text{материал} = \text{«ст-ст1»})$$