


Базы данных

Лекция №2

Модели данных. Реляционная
модель данных



Понятие модели данных

Модель данных – это совокупность правил порождения структур данных в базе данных, операций над ними, а также ограничений целостности, определяющих допустимые связи и значения данных, последовательность их изменения [ГОСТ 20886-85].

Модель данных состоит из трёх частей:

1. Набор типов структур данных.

Здесь можно провести аналогию с языками программирования, в которых тоже есть предопределённые типы структур данных, такие как скалярные данные, векторы, массивы, структуры (например, тип *struct* в языке Си) и т.д.

2. Набор операторов или правил вывода, которые могут быть применены к любым правильным примерам типов данных, перечисленных в (1), чтобы находить, выводить или преобразовывать информацию, содержащуюся в любых частях этих структур в любых комбинациях.

3. Набор общих правил целостности, которые прямо или косвенно определяют множество непротиворечивых состояний базы данных и/или множество изменений её состояния.

Модели данных

- Иерархическая модель данных (ИМД).
- Сетевая модель данных (СМД).
- Реляционная модель данных (РМД).
- Объектно-реляционная модель данных (ОРМД).
Стандарт SQL-3 (SQL-2003). Oracle (с версии 8.0), DB2, Informix, PostgreSQL, SQL Server 2008 и др.)
- Объектно-ориентированная модель данных (ООМД). O2, GemStone, Iris и др.
Стандарт ODMG 3.0 (Object Database Management Group).
- Многомерные базы данных.
- Потоковые базы данных.

Иерархическая модель данных (ИМД)

Иерархическая модель данных — это модель данных, где используется представление базы данных в виде древовидной (иерархической) структуры, состоящей из объектов (данных) различных уровней.

Между объектами существуют связи, каждый объект может включать в себя несколько объектов более низкого уровня. Такие объекты находятся в отношении предка (объект более близкий к корню) к потомку (объект более низкого уровня)

| | |
|--|--|
| Атрибут (элемент данных, поле) | наименьшая единица структуры данных. Обычно каждому элементу при описании базы данных присваивается уникальное имя. По этому имени к нему обращаются при обработке. Элемент данных также часто называют полем. |
| Запись (сегмент) | именованная совокупность атрибутов. Использование записей позволяет за одно обращение к базе получить некоторую логически связанную совокупность данных. Именно записи изменяются, добавляются и удаляются. Тип записи определяется составом ее атрибутов. <i>Экземпляр записи</i> - конкретная запись с конкретным значением элементов. |
| Групповое отношение | <i>иерархическое отношение</i> между записями двух типов. Родительская запись (владелец группового отношения) называется исходной записью, а дочерние записи (члены группового отношения) - подчиненными. Иерархическая база данных может хранить только такие древовидные структуры. |

Иерархическая модель данных (ИМД)

Графическая диаграмма концептуальной схемы базы данных называется *деревом определения*. Пример иерархической базы данных:



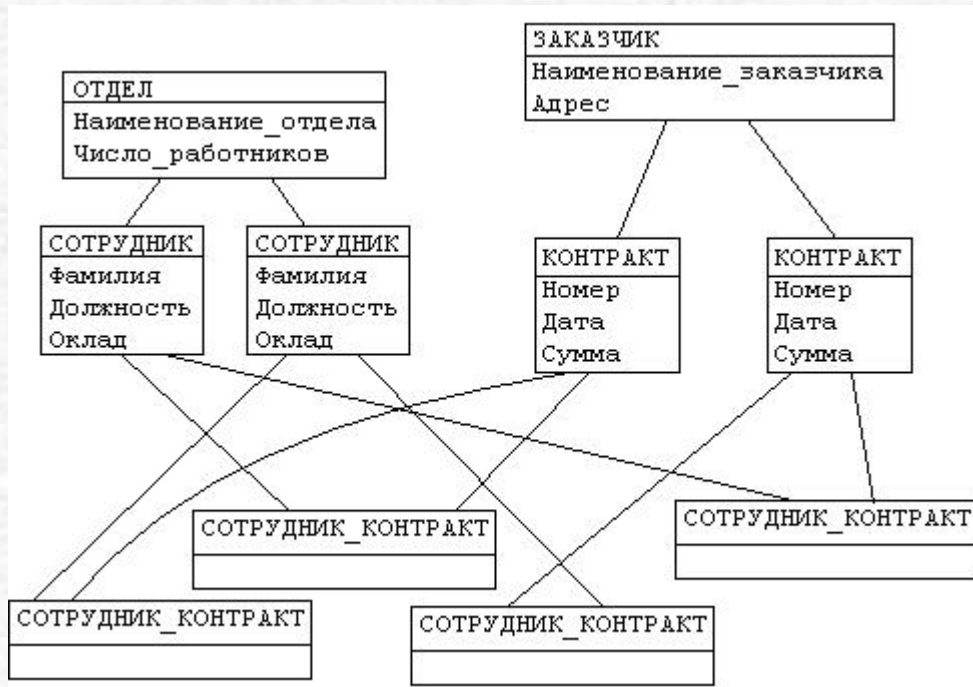
Иерархическая модель реализует отношение между исходной и дочерней записью по схеме 1:M, то есть одной родительской записи может соответствовать любое число дочерних.

Иерархическая модель данных (ИМД)



Сетевая модель данных (СМД)

Разница между иерархической моделью данных и сетевой состоит в том, что в иерархических структурах запись-потомок должна иметь в точности одного предка, а в сетевой структуре данных у потомка может иметься любое число предков.

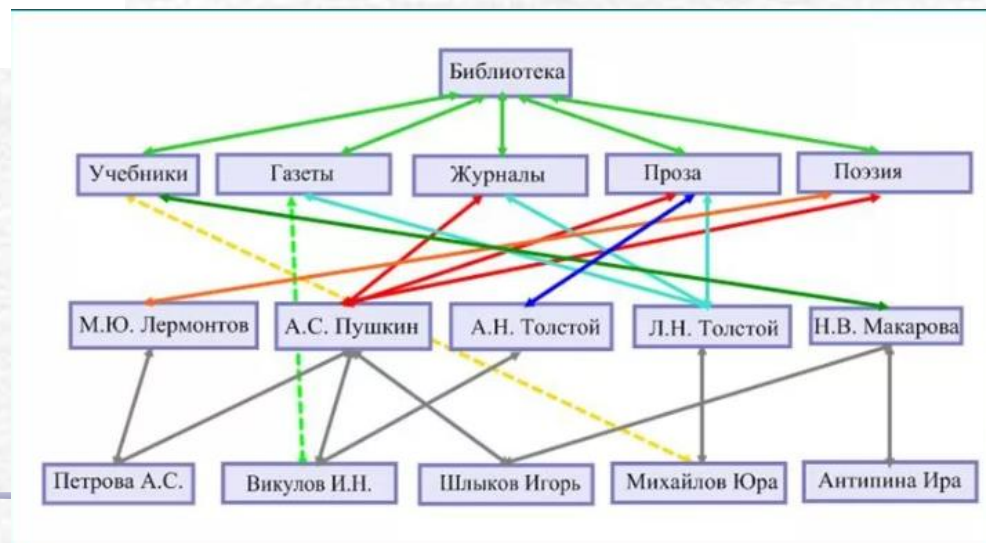
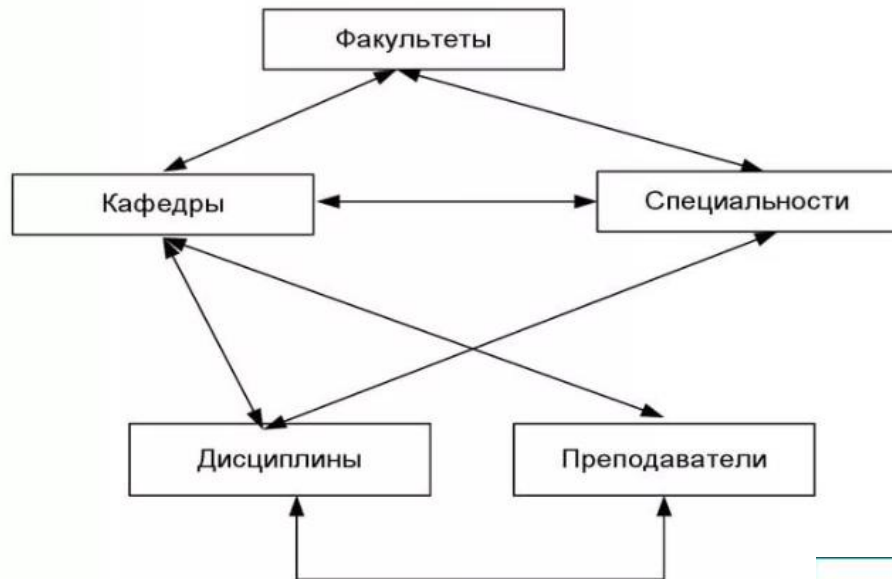


Режим включения подчиненных записей:

• **автоматический** - невозможно занести в БД запись без того, чтобы она была сразу же закреплена за неким владельцем;

• **ручной** - позволяет запомнить в БД подчиненную запись и не включать ее немедленно в экземпляр группового отношения. Эта операция позже инициируется пользователем.

Сетевая модель данных (СМД)

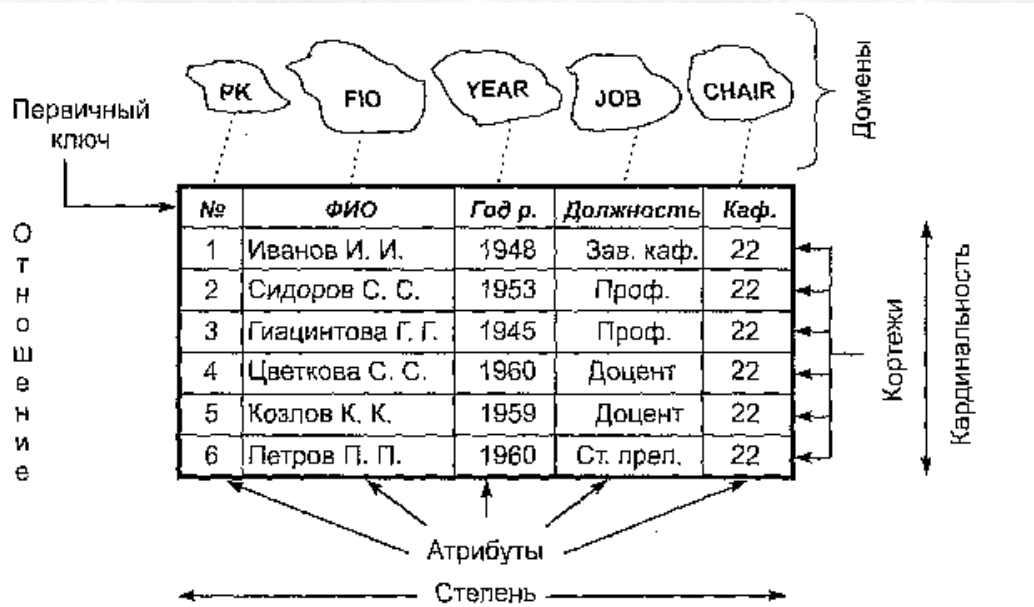


Реляционная модель данных (РМД)

- В 1970 г. американский математик Э. Ф. Кодд опубликовал статью, с которой отсчитывается начало существования РМД.
- РМД основана на теории множеств.

| | |
|----------------------------|--|
| Отношение | таблица данных |
| Атрибут | Поле, столбец таблицы |
| Схема отношения | Строка заголовков столбцов (атрибутов) таблицы |
| Домен | Совокупность допустимых значений (тип данных) |
| Кортеж | Строка таблицы |
| Кардинальность | Количество строк (кортежей) |
| Степень отношения | Количество полей (столбцов, атрибутов) |
| Первичный ключ (РК) | Уникальный ключ; атрибут, который идентифицирует кортеж |
| Внешний ключ (FK) | Служит для организации связи между таблицами |

Реляционная модель данных (РМД)



Отношение обладает основными свойствами:

1. В отношении не должно быть одинаковых кортежей, т.к. это множество.
2. Порядок кортежей и атрибутов в отношении несущественен.
3. Атомарность значений атрибутов

| Целое | Строка | Строка | Целое | | Типы данных |
|-----------------|--------|--------------|--------|--------|-------------|
| Номер | Имя | Должность | Деньги | | Домены |
| Табельный номер | Имя | Должность | Оклад | Премия | Атрибуты |
| 2934 | Иванов | Инженер | 1120 | 400 | Кортежи |
| 2935 | Петров | Вед. инженер | 1440 | 500 | |
| 2936 | Климов | Бухгалтер | 920 | 350 | |

Пример таблицы реляционной БД

| <i>Табельный номер</i> | <i>ФИО сотрудника</i> | <i>Должность</i> | <i>Оклад</i> | <i>Год рождения</i> | <i><u>Отдел</u></i> |
|----------------------------|----------------------------|-------------------------|--------------|-------------------------|---------------------|
| 023 | Волкова Елена Павловна | секретарь | 26000 | 1985 | 2 |
| 113 | Белов Сергей Юрьевич | инженер | 39800 | 1980 | 1 |
| 101 | Рогов Сергей Михайлович | директор | 62000 | 1972 | 2 |
| 056 | Панина Анна Алексеевна | инженер- программист | 41800 | 1978 | 1 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 023 | Фролов Юрий Вадимович | начальник отдела | 49200 | 1971 | 9 |

Реляционная модель данных (РМД)

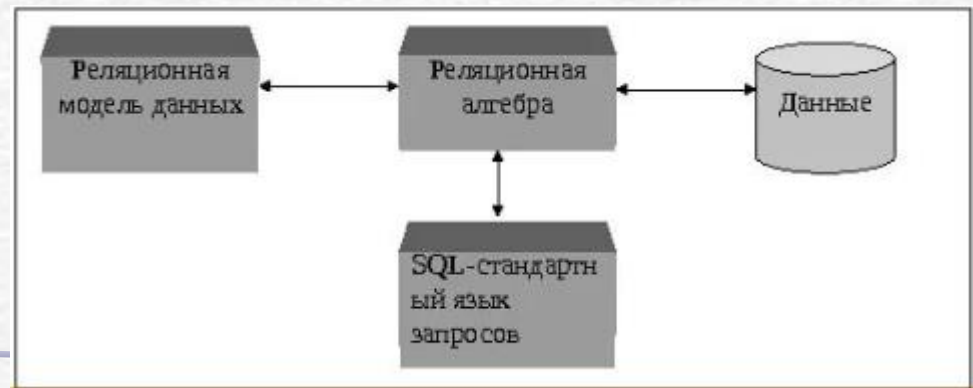
Структурная часть — единственной структурой данных, используемой в реляционных базах данных, является нормализованное отношение.

Манипуляционная часть - фундаментальные механизмы манипулирования реляционными базами данных:

- **Реляционная алгебра** (объединение, разность, пересечение, декартово произведение, выборка, проекция, деление, соединение)
- **Реляционное исчисление**

Целостная часть - базовые требования целостности, которые должны поддерживаться в любой реляционной СУБД:

- **Требование целостности сущностей**
- **Требование целостности по ссылкам**



Организация связей между таблицами

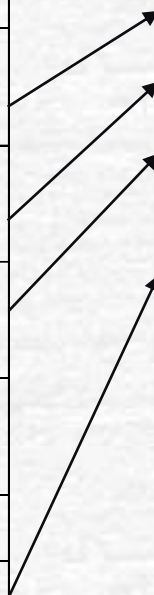
Связь один-к-одному: Сотрудник-Паспортные данные

Таблица «Сотрудники»

| <i>Табельный номер</i> | <i>ФИО сотрудника</i> | <i>Отдел</i> |
|------------------------|-------------------------|--------------|
| 023 | Волкова Елена Павловна | 2 |
| 113 | Белов Сергей Юрьевич | 1 |
| 101 | Рогов Сергей Михайлович | 2 |
| 056 | Панина Анна Алексеевна | 1 |
| ... | ... | ... |
| 098 | Фролов Юрий Вадимович | 9 |

Таблица «Паспортные данные»

| <i>ТН</i> | <i>Серия</i> | <i>Номер</i> |
|-----------|--------------|--------------|
| 023 | 1206 | 689689 |
| 113 | 1202 | 700700 |
| 101 | 1022 | 456456 |
| ... | | |
| 098 | 1203 | 555555 |



Организация связей между таблицами

Связь один-ко-многим: Отделы – Сотрудники

Таблица «Сотрудники»

| <i>Табельный номер</i> | <i>ФИО сотрудника</i> | <i>Отдел</i> |
|------------------------|-------------------------|--------------|
| 023 | Волкова Елена Павловна | 2 |
| 113 | Белов Сергей Юрьевич | 1 |
| 101 | Рогов Сергей Михайлович | 2 |
| 056 | Панина Анна Алексеевна | 1 |
| ... | ... | ... |
| 098 | Фролов Юрий Вадимович | 9 |

Таблица «Отделы»

| <i>Номер отдела</i> | <i>Название отдела</i> |
|---------------------|------------------------|
| 1 | Информационный отдел |
| 2 | Администрация |
| 3 | Отдел кадров |
| ... | ... |
| 9 | Проектный отдел |

«Номер отдела» - первичный ключ в таблице «Отделы»

«Отдел» – внешний ключ в таблице «Сотрудники»

Организация связей между таблицами

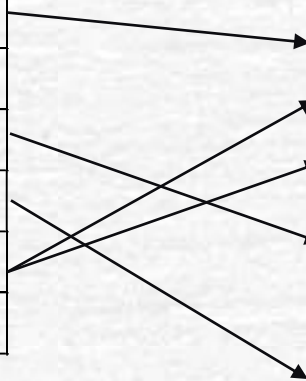
Связь многие-ко-многим: Проекты – Сотрудники

Таблица «Сотрудники»

| <i>ФИО</i> | <i>Номер (РК)</i> |
|--------------|-----------------------|
| Волкова Е.П. | 023 |
| Белов С.Ю. | 113 |
| Рогов С.М. | 101 |
| Панина А.А. | 056 |
| Фролов Ю.В. | 098 |
| ... | ... |

Таблица «Проекты»

| <i>Шифр</i> | <i>Название проекта</i> | <i>Код участника (FK)</i> |
|-------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| 23/Н | АИС "Налог"-2 | 023 |
| 18-К | ИПС "Жители" | 098 |
| 09/Р | ГИС "Город" | 098 |
| 23/Н | АИС "Налог"-2 | 101 |
| ... | | |
| 18-К | ИПС "Жители" | 056 |



Организация связей между таблицами

Таблица «Сотрудники»

| <i>ФИО</i> | <i>Номер (PK)</i> |
|--------------|-------------------|
| Волкова Е.П. | 023 |
| Белов С.Ю. | 113 |
| Рогов С.М. | 101 |
| Панина А.А. | 056 |
| Фролов Ю.В. | 098 |
| ... | ... |

Таблица «Участие»

| <u><i>Участник (FK)</i></u> | <i>Роль</i> | <u><i>Проект (FK)</i></u> |
|-----------------------------|--------------|---------------------------|
| 023 | исполнитель | 23/Н |
| 098 | руководитель | 18-К |
| 098 | исполнитель | 09/Р |
| 101 | консультант | 23/Н |
| 056 | руководитель | 18-К |

Таблица «Проекты»

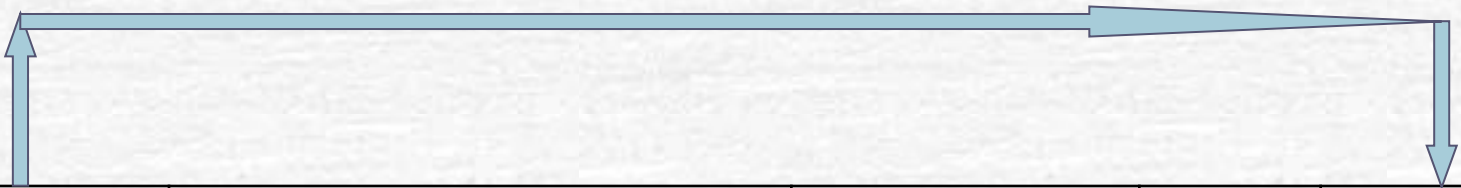
| <i>Шифр (PK)</i> | <i>Название проекта</i> |
|------------------|-------------------------|
| 23/Н | АИС "Налог"-2 |
| 18-К | ИПС "Жители" |
| 09/Р | ГИС "Город" |
| ... | ... |

В таблице «Участие»:

«Участник» – внешний ключ к таблице «Сотрудники»

«Проект» – внешний ключ к таблице «Проекты»

Пример связи внутри таблицы



| <i>Табельный номер</i> | <i>ФИО сотрудника</i> | <i>Должность</i> | <i>Оклад</i> | <i><u>Начальник</u></i> |
|------------------------|-------------------------|---------------------|--------------|-------------------------|
| 023 | Волкова Елена Павловна | секретарь | 26000 | 101 |
| 113 | Белов Сергей Юрьевич | инженер | 39800 | 205 |
| 101 | Рогов Сергей Михайлович | директор | 62000 | NULL |
| 205 | Махова Ольга Алексеевна | начальник отдела | 51300 | 101 |
| ... | ... | ... | ... | ... |

Реляционная алгебра

Реляционная алгебра (РА) или реляционное исчисление (РИ) – инструмент для манипулирования табличными данными в реляционных БД.

Любой запрос к БД можно записать в виде некоторой формулы РА или некоторого выражения (РИ).

Средства РА и РИ эквиваленты между собой, однако отличаются уровнем процедурности.

Реляционная алгебра определена Коддом.

Реляционные операторы обладают важным свойством: они замкнуты относительно понятия отношения. Это означает, что выражения РА определяются над отношениями реляционной БД и результатом вычисления также является отношение.

Операции реляционной алгебры

- ✓ 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:

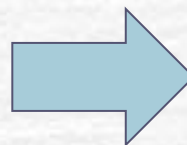
- ✓ пересечение;
- ✓ соединение;
- ✓ деление.

Унарные операции реляционной алгебры

➤ Проекция (π)

Это унарная операция (выполняемая над одним отношением), служащая для выбора подмножества атрибутов из отношения R. Она уменьшает степень отношения и может уменьшить кардинальность отношения за счёт исключения одинаковых кортежей.

| Товар | Категория | Дата поступления |
|---------|-------------------|------------------|
| Монитор | ПК | 10.02.2023 |
| Кефир | Молочные продукты | 11.02.2023 |
| Кефир | Молочные продукты | 12.02.2023 |
| Монитор | ПК | 15.02.2023 |



| Товар | Категория |
|---------|-------------------|
| Монитор | ПК |
| Кефир | Молочные продукты |

SELECT DISTINCT Товар, Категория **FROM** Товары

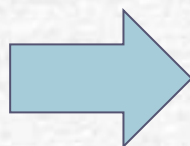
Унарные операции реляционной алгебры

➤ Селекция, выборка (select, σ).

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

Дата поступления = 10.02.2023

| Товар | Категория | Дата поступления |
|---------|-------------------|------------------|
| Монитор | ПК | 10.02.2023 |
| Кефир | Молочные продукты | 11.02.2023 |
| Кефир | Молочные продукты | 12.02.2023 |
| Монитор | ПК | 10.02.2023 |



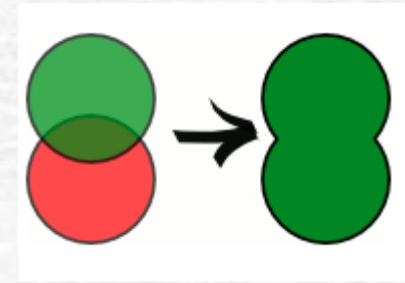
| Товар | Категория | Дата поступления |
|---------|-----------|------------------|
| Монитор | ПК | 10.02.2023 |
| Монитор | ПК | 10.02.2023 |

SELECT * FROM Товары WHERE Дата_поступления = '10.02.2023'

Бинарные операции реляционной алгебры

✓ 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.



| Товар | Категория | Дата поступления |
|------------|-------------------|------------------|
| Клавиатура | ПК | 08.02.2023 |
| Кефир | Молочные продукты | 12.02.2023 |

| Товар | Категория | Дата поступления |
|---------|-------------------|------------------|
| Монитор | ПК | 10.02.2023 |
| Кефир | Молочные продукты | 12.02.2023 |

| Товар | Категория | Дата поступления |
|------------|-------------------|------------------|
| Монитор | ПК | 10.02.2023 |
| Кефир | Молочные продукты | 12.02.2023 |
| Клавиатура | ПК | 08.02.2023 |

Бинарные операции реляционной алгебры

✓ Объединение (union).

| Имя | Возраст |
|----------|---------|
| Алёна | 34 |
| Дмитрий | 28 |
| Георгий | 29 |
| Ольга | 54 |
| Светлана | 34 |

| Имя | Возраст |
|---------|---------|
| Наталья | 28 |
| Ольга | 54 |
| Георгий | 29 |
| Дмитрий | 28 |

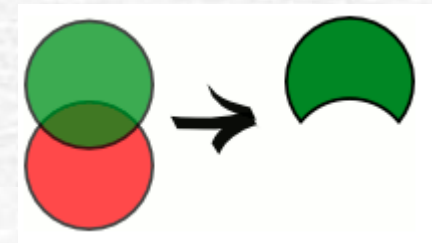
SELECT Имя, Возраст FROM Кругок1 UNION SELECT Имя, Возраст FROM Кругок2

| Имя | Возраст |
|----------|---------|
| Алёна | 34 |
| Дмитрий | 28 |
| Георгий | 29 |
| Ольга | 54 |
| Светлана | 34 |
| Наталья | 28 |

Бинарные операции реляционной алгебры

✓ Разность (exсерт).

Разность возвращает отношение, содержащее все кортежи, которые принадлежат первому из заданных отношений и не принадлежат второму



| Товар | Категория | Дата поступления |
|------------|-------------------|------------------|
| Клавиатура | ПК | 08.02.2023 |
| Кефир | Молочные продукты | 12.02.2023 |

| Товар | Категория | Дата поступления |
|---------|-------------------|------------------|
| Монитор | ПК | 10.02.2023 |
| Кефир | Молочные продукты | 12.02.2023 |

| Товар | Категория | Дата поступления |
|------------|-----------|------------------|
| Клавиатура | ПК | 08.02.2023 |

Выполнить A MINUS B

```
SELECT ТН, Фамилия, Зарплата  
FROM A EXCEPT  
SELECT ТН, Фамилия, Зарплата  
FROM B
```

| <i>Табельный номер</i> | Фамилия | Зарплата |
|------------------------|----------------|-----------------|
| 1 | Иванов | 1000 |
| 2 | Петров | 2000 |
| 3 | Сидоров | 3000 |

Таблица 1 Отношение А

| <i>Табельный номер</i> | Фамилия | Зарплата |
|------------------------|----------------|-----------------|
| 1 | Иванов | 1000 |
| 2 | Пушников | 2500 |
| 4 | Сидоров | 3000 |

Таблица 2 Отношение В

| <i>Табельный номер</i> | Фамилия | Зарплата |
|------------------------|----------------|-----------------|
| 2 | Петров | 2000 |
| 3 | Сидоров | 3000 |

```
SELECT Фамилия, Зарплата  
FROM A EXCEPT  
SELECT Фамилия, Зарплата  
FROM B
```

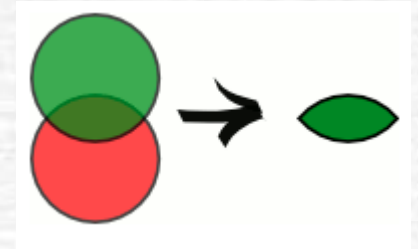
| Фамилия | Зарплата |
|----------------|-----------------|
| Петров | 2000 |

Бинарные операции реляционной алгебры

✓ Пересечение (intersect).

Пересечение двух односхемных отношений R и S есть подмножество кортежей, принадлежащих обоим отношениям.

Это можно выразить через разность: $R \cap S = R - (R - S)$.



| Товар | Категория | Дата поступления |
|------------|-------------------|------------------|
| Клавиатура | ПК | 08.02.2023 |
| Кефир | Молочные продукты | 12.02.2023 |

| Товар | Категория | Дата поступления |
|---------|-------------------|------------------|
| Монитор | ПК | 10.02.2023 |
| Кефир | Молочные продукты | 12.02.2023 |

| Товар | Категория | Дата поступления |
|-------|-------------------|------------------|
| Кефир | Молочные продукты | 12.02.2023 |

Выполнить A INTERSECT B

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

Таблица 1 Отношение А

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

Таблица 2 Отношение В

```
SELECT ТН, Фамилия, Зарплата  
FROM А INTERSECT  
SELECT ТН, Фамилия, Зарплата  
FROM В
```

| Табельный номер | Фамилия | Зарплата |
|-----------------|---------|----------|
| 1 | Иванов | 1000 |

```
SELECT Фамилия, Зарплата  
FROM А INTERSECT  
SELECT Фамилия, Зарплата  
FROM В
```

| Фамилия | Зарплата |
|---------|----------|
| Иванов | 1000 |
| Сидоров | 3000 |

Бинарные операции реляционной алгебры

➤ Деление

Из первой таблицы извлекаются значения строк, для которых присутствуют все комбинации значений из второй таблицы

Отношение A

| S | P |
|----|----|
| S1 | P1 |
| S1 | P2 |
| S1 | P3 |
| S1 | P4 |
| S2 | P1 |
| S2 | P3 |
| S3 | P2 |
| S3 | P3 |

Отношение B

| P |
|----|
| P1 |

Отношение B2

| P |
|----|
| P1 |
| P2 |
| P3 |

Отношение B1

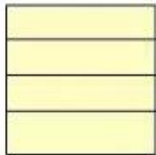
| P |
|----|
| P2 |
| P3 |

Результат:

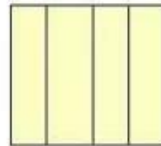
| A/B | A/B1 | A/B2 |
|-----|------|------|
| S1 | S1 | S1 |
| S2 | S3 | |

Основа реляционной алгебры

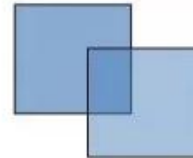
Выборка



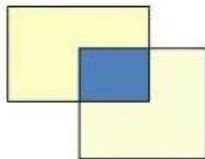
Проекция



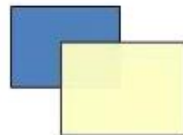
Объединение



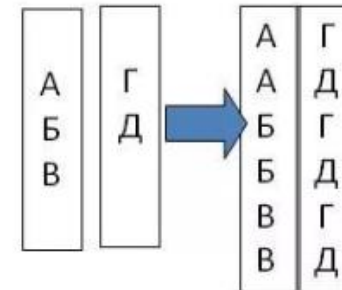
Пересечение



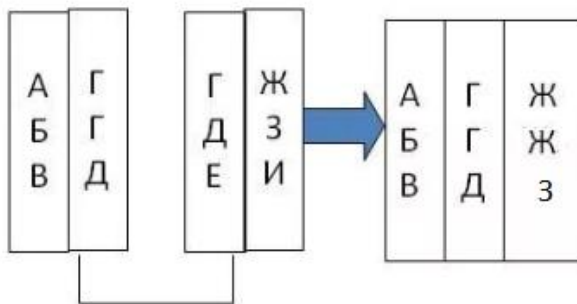
Вычитание



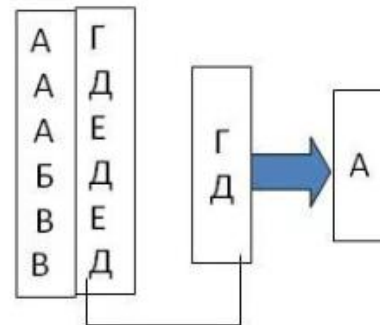
Произведение



Соединение



Деление



ООБД. Основные характеристики

Объектно-ориентированные базы данных – базы данных, в которых информация представлена в виде объектов, как в объектно-ориентированных языках программирования.

В объектно-ориентированной модели данных любая сущность реального мира представляется всего одним понятием — *объектом*. С объектом ассоциируется состояние и поведение. Состояние объекта определяется значениями его свойств — *атрибутов*.

Значениями свойства могут являться примитивные значения (такие, как строки или целые числа) и непримитивные объекты. Непримитивный объект, в свою очередь, состоит из набора свойств.

Поведение объекта определяется с помощью *методов*, которые оперируют над состоянием объекта.

ООБД. Основные характеристики

Объекты, обладающие одними и теми же свойствами и поведением, группируются в *классы*. Объект может быть экземпляром только одного класса или нескольких классов.

Соотношение терминов реляционной (РБД) и объектно-ориентированной (ООБД) баз данных

| РБД | ООБД |
|-------------------------------|---------------------------|
| Отношение | Класс |
| Столбец (атрибут) | Атрибут (поле) класса |
| Кортеж | Экземпляр класса (объект) |
| Иерархия отношений | Иерархия классов |
| Отношения "потомок" | Подкласс |
| Отношения "предок" | Суперкласс |
| Правила преобразования данных | Методы |