

Теоретической основой этой модели стала теория отношений, основу которой заложили два логика — американец Чарльз Содерс Пирс (1839-1914) и немец Эрнст Шредер (1841-1902). В руководствах по теории отношений было показано, что множество отношений замкнуто относительно некоторых специальных операций, то есть образует вместе с этими операциями абстрактную алгебру. Американский математик Э. Ф. Кодд в 1970 году впервые сформулировал основные понятия и ограничения реляционной модели, ограничив набор операций в ней семью основными и одной дополнительной операцией. Основной структурой данных в модели является отношение, именно поэтому модель получила название *реляционной*.

*N*-арным отношением  $R$  называют подмножество декартова произведения  $D_1 \times D_2 \times \dots \times D_n$  множеств  $D_1, D_2, \dots, D_n$  ( $n > 1$ ), необязательно различных. Исходные множества  $D_1, D_2, \dots, D_n$  называют в модели *доменами*.

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

где  $D_1 \times D_2 \times \dots \times D_n$  — полное декартово произведение.

Полное декартово произведение — это набор всевозможных сочетаний из  $p$  элементов каждое, где каждый элемент берется из своего домена. Например, имеем три домена:  $D_1$  содержит три фамилии,  $D_2$  — набор из двух учебных дисциплин и  $D_3$  — набор из трех оценок. Допустим, содержимое доменов следующее:

$$D_1 = \{\text{Иванов, Крылов, Степанов}\};$$

$$D_2 = \{\text{Теория автоматов, Базы данных}\};$$

$$D_3 = \{3, 4, 5\}$$

Тогда полное декартово произведение содержит набор из 18 троек, где первый элемент — это одна из фамилий, второй — это название одной из учебных дисциплин, а третий — одна из оценок.

Отношение имеет простую графическую интерпретацию, оно может быть представлено в виде таблицы, столбцы которой соответствуют входениям доменов в отношение, а строки — наборам из  $n$  значений, взятых из исходных доменов, которые расположены в строго определенном порядке в соответствии с заголовком. Такие наборы из  $n$  значений часто называют  $n$ -ками.

<b>R</b>		
<b>Фамилия</b>	<b>Дисциплина</b>	<b>Оценка</b>
Иванов	Теория автоматов	4
Иванов	Базы данных	3
Крылов	Теория автоматов	5
Степанов	Теория автоматов	5
Степанов	Базы данных	4

Данная таблица обладает рядом специфических свойств:  
В таблице нет двух одинаковых строк.

Таблица имеет столбцы, соответствующие атрибутам отношения.  
Каждый атрибут в отношении имеет уникальное имя.  
Порядок строк в таблице произвольный.

Вхождение домена в отношение принято называть *атрибутом*.

Строки отношения называются *кортежами*.

Количество атрибутов в отношении называется степенью, или рангом, отношения.

Следует заметить, что в отношении не может быть одинаковых кортежей, это следует из математической модели: отношение — это подмножество декартова произведения, а в декартовом произведении все  $n$ -ки различны,

В соответствии со свойствами отношений два отношения, отличающиеся только порядком строк или порядком столбцов, будут интерпретироваться в рамках реляционной модели как одинаковые, то есть отношение  $R$  и отношение  $R_1$ , изображенное далее, одинаковы с точки зрения реляционной модели данных.

		R1	
Дисциплина		Фамилия	Оценка
Теория автоматов		Иванов	4
Базы данных		Иванов	3
Теория автоматов		Крылов	5
Теория автоматов		Степанов	5
Базы данных		Степанов	4

Вводится понятие экземпляра отношения, которое отражает состояние данного объекта в текущий момент времени, и понятие схемы отношения, которая определяет структуру отношения.

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

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

Если атрибуты принимают значения из одного и того же домена, то они называются *Q-сравнимыми*, где  $Q$  — множество допустимых операций сравнения, заданных для данного домена. Например, если домен содержит числовые данные, то для него допустимы все операции сравнения, тогда  $Q = \{=, <, >, <=, <-, <, >\}$ . Однако и для доменов, содержащих символьные данные, могут быть заданы не только операции сравнения по равенству и неравенству значений. Если для данного домена задано лексикографическое упорядочение, то он имеет также полный спектр операций сравнения.

Схемы двух отношений называются *эквивалентными*, если они имеют одинаковую степень и возможно такое упорядочение имен атрибутов в схемах, что на одинаковых местах будут находиться сравнимые атрибуты, то есть атрибуты, принимающие значения из одного домена.

$S_{R_1} = (A_1, A_2, \dots, A_n)$  — схема отношения  $R_1$ .

$S_{R_2} = (B_{i_1}, B_{i_2}, \dots, B_{i_n})$  — схема отношения  $R_2$  после упорядочения имен атрибутов.

Тогда  $s_{R_1} \sim s_{R_2} \Leftrightarrow 1. n=m$ , или  $2. A_j, B_{i_j} \subseteq D_j$

В этой модели, так же как и в остальных, поддерживаются иерархические связи между отношениями. В каждой связи одно отношение может выступать как основное, а другое отношение выступает в роли подчиненного. Это означает, что один кортеж основного отношения может быть связан с несколькими кортежами подчиненного отношения. Для поддержки этих связей оба отношения должны содержать наборы атрибутов, по которым они связаны. В основном отношении это первичный ключ отношения (PRIMARY KEY), который однозначно определяет кортеж основного отношения. В подчиненном отношении для моделирования связи должен присутствовать набор атрибутов, соответствующий первичному ключу основного отношения. Однако здесь этот набор атрибутов уже является вторичным ключом, то есть он определяет множество кортежей подчиненного отношения, которые связаны с единственным кортежем основного отношения. Данный набор атрибутов в подчиненном отношении принято называть внешним ключом (FOREIGN KEY).

## Операции над отношениями.

*Алгеброй* называется множество объектов с заданной на нем совокупностью операции, замкнутых относительно этого множества, называемого *основным множеством*.

Все множество операций можно разделить на две группы: теоретико-множественные операции и специальные операции: Теоретико-множественные операции реляционной алгебры  
*Объединением* двух отношения называется отношение, содержащее множество кортежей, принадлежащих либо первому, либо второму исходным отношениям, либо обоим отношениям одновременно.

Пусть заданы два отношения  $R_1 = \{ r_1 \}$ ,  $R_2 = \{ r_2 \}$ . где  $r_1$  и  $r_2$  — соответственно кортежи отношений  $R_1$  и  $R_2$ , то объединение  $R_1 \cup R_2 = \{ r \mid r \in R_1 \vee r \in R_2 \}$ . Здесь  $r$  — кортеж нового отношения,  $\vee$  — операция логического сложения «ИЛИ».



*Пересечением* отношений называется отношение, которое содержит множество кортежей, принадлежащих одновременно и первому и второму отношениям.  $R_1$  и  $R_2$ :  
 $R_3 = R_1 \cap R_2 = \{ r \mid r \in R_1 \wedge r \in R_2 \}$ , здесь  $\wedge$  — операция логического умножения (логическое «И»).

*Разностью* отношений  $R_1$  и  $R_2$  называется отношение, содержащее множество кортежей, принадлежащих  $R_1$  и не принадлежащих  $R_2$ :  
 $R_5 = R_1 \setminus R_2 = \{ r \mid r \in R_1 \wedge r \notin R_2 \}$

Следует отметить, что первые две операции, объединение и пересечение, являются коммутативными операциями, то есть результат операции не зависит от порядка аргументов в операции. Операция же разности является принципиально несимметричной операцией, то есть результат операции будет различным для разного порядка аргументов. Операции объединения, пересечения и разности применимы только к отношениям с эквивалентными схемами.

Кроме перечисленных трех теоретико-множественных операций в рамках реляционной алгебры определена еще одна теоретико-множественная операция — расширенное декартово произведение

Эта операция не накладывает никаких дополнительных условий на схемы исходных отношений, поэтому операция расширенного декартова произведения, обозначаемая  $R_1 \otimes R_2$ , допустима для любых двух отношений. Но прежде чем определить саму операцию, введем дополнительно понятие конкатенации, или сцепления, кортежей.

*Сцеплением*, или *конкатенацией*, кортежей  $s = \langle c_1, c_2, \dots, c_n \rangle$  и  $q = \langle q_1, q_2, \dots, q_m \rangle$  называется кортеж, полученный добавлением значений второго в конец первого. Сцепление кортежей  $s$  и  $q$  обозначается как  $(s, q)$ .

$$(s, q) = \langle c_1, c_2, \dots, c_n, q_1, q_2, \dots, q_m \rangle$$

Здесь  $n$  — число элементов в первом кортеже  $s$ ,  $m$  — число элементов во втором кортеже  $q$

Все предыдущие операции не меняли степени или арности отношений — это следует из определения эквивалентности схем отношений. Операция декартова произведения меняет степень результирующего отношения.

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  $R_2$ .

То есть если  $R_1 = \{ r \}$ ,  $R_2 = \{ q \}$

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

Операцию декартова произведения с учетом возможности перестановки атрибутов в отношении можно считать симметричной. Очень часто операция расширенного декартова произведения используется для получения некоторого универсума — т. е. отношения, которое характеризует все возможные комбинации между элементами отдельных множеств. Однако самостоятельного значения результат выполнения операции обычно не имеет, он участвует в дальнейшей обработке.

Группа теоретико-множественных операций избыточна, так, например, операцию можно заменить сочетанием операций объединения и пересечения.

$$(R_1 \cup R_2) \setminus (R_1 \setminus R_2) \setminus (R_2 \setminus R_1)$$

### **Специальные операции реляционной алгебры**

Первой специальной операцией реляционной алгебры является *горизонтальный выбор*, или *операция фильтрации*, или *операция ограничения отношений*. Для определения этой операции нам необходимо ввести дополнительные обозначения.

Пусть  $a$  — булевское выражение, составленное из термов сравнения с помощью связок И ( $\wedge$ ), ИЛИ ( $\vee$ ), НЕ ( $-$ ) и, возможно, скобок. В качестве термов сравнения допускаются:

а) терм  $A \text{ ос } a$ , где  $A$  — имя некоторого атрибута, принимающего значения из домена  $D$ ;  $a$  — константа, взятая из того же домена  $D$ ,  $a \in D$ ;  $\text{ос}$  — одна из допустимых для данного домена  $D$  операций сравнения; б) терм  $A \text{ ос } B$ , где  $A, B$  — имена некоторых  $Q$ -сравнимых атрибутов, то есть атрибутов, принимающих значения из одного и того же домена  $D$ .

Тогда результатом операции выбора, или **фильтрации**, заданной на отношении  $R$  в виде булевского выражения, определенного на атрибутах отношения  $R$ , называется отношение  $R[G]$ , включающее те кортежи из исходного отношения, для которых истинно условие выбора или фильтрации:

$$R[G(r)] = \{r \mid r \in R \wedge G(r) = \text{"Истина"}\}$$

Операция фильтрации является одной из основных при работе с реляционной моделью данных. Условие  $a$  может быть сколь угодно сложным.

Следующей специальной операцией является операция **проектирования**.

Пусть  $R$  — отношение,  $S_R = (A_1, \dots, A_n)$  — схема отношения  $R$ .

Обозначим через  $V$  подмножество  $\{A_i\}$ ;  $V \subseteq \{A_i\}$ . При этом пусть  $V^1$  — множество атрибутов из  $\{A_i\}$ , не вошедших в  $V$ . Если  $V = \{A^{1j}, A^{2j}, \dots, A^{kj}\}$ ,  $V^1 = \{A^{1j}, A^{2j}, \dots, A^{kj}\}$  и  $r = \langle a^{1j}, a^{2j}, \dots, a^{kj} \rangle$ ,  $a^{kj} \in A^{kj}$ , то  $r[V]$ ,  $s = \langle a^{1j}, a^{2j}, \dots, a^{mj} \rangle$ ;  $a^{mj} \in A^{mj}$

Проекцией отношения  $R$  на набор атрибутов  $V$ , обозначаемой  $R[V]$ , называется отношение со схемой, соответствующей набору атрибутов  $V$   $S_{R|_V} = V$ , содержащему кортежи, получаемые из кортежей исходного отношения  $R$  путем удаления из них значений, не принадлежащих атрибутам из набора  $V$ .  $R[V] = \{r[V]\}$

По определению отношений все дублирующие кортежи удаляются из результирующего отношения.

Операция проектирования, называемая иногда также операцией вертикального выбора, позволяет получить только требуемые характеристики моделируемого объекта. Чаще всего операция проектирования употребляется как промежуточный шаг в операциях горизонтального выбора, или фильтрации. Кроме того, она используется самостоятельно на заключительном этапе получения ответа на запрос.

Следующей специальной операцией реляционной алгебры является операция *условного соединения*.

В отличие от рассмотренных специальных операций реляционной алгебры: фильтрации и проектирования, которые являются унарными, то есть производятся над одним отношением, операция условного соединения является бинарной, то есть исходными для нее являются два отношения, а результатом — одно.

Пусть  $R = \{r\}$ ,  $Q = \{q\}$  — исходные отношения,

$S_R, S_Q$  — схемы отношений  $R$  и  $Q$  соответственно.

$S_R = (A_1, A_2, \dots, A_k)$ ;  $S_Q = (B_1, B_2, \dots, B_m)$ ,

где  $A_i, B_j$  — имена атрибутов в схемах отношений  $R$  и  $Q$  соответственно. При этом полагаем, что заданы наборы атрибутов  $A$  и  $B$

$A \in \{A_i\}_{i=1,k}$ ;  $B \in \{B_j\}_{j=1,m}$ , и эти наборы состоят из  $Q$ -сравнимых атрибутов.

Тогда соединением отношений  $R$  и  $Q$  при условии  $p$  будет подмножество декартова произведения отношений  $R$  и  $Q$ , кортежи которого удовлетворяют условию  $p$ , рассматриваемому как одновременное выполнение условий:

$r.A_i Q_j B_j, : i=1,k$ , где  $k$  — число атрибутов, входящих в наборы  $A$  и  $B$ , а  $Q_j$  — конкретная операция сравнения.

$A_i Q_j B_j D_i Q_i$  —  $i$ -й предикат сравнения, определяемый из множества допустимых на домене  $D_i$  операций сравнения.

$R [ P ] Q = \{ r.q \mid (r, q) \mid r.A_i Q_j q.B_j - \text{«Истина»}, i=1,k \}$

Последней операцией, включаемой в набор операций реляционной алгебры, является операция *деления*.

Для определения операции деления рассмотрим сначала понятие множества образов.

Пусть  $R$  — отношение со схемой  $S_R = (A_1, A_2, \dots, A_k)$ ;

Пусть  $A$  — некоторый набор атрибутов  $A \subseteq \{ A_i \mid i=1, k \}$ ,  $A^1$  — набор атрибутов, не входящих в множество  $A$ .

Пересечение множеств  $A$  и  $A^1$  пусто:  $A \cap A^1 = \emptyset$ ; объединение множеств равно множеству всех атрибутов исходного отношения:  
 $A \cup A^1 = S_R$ .

Тогда множеством образов элемента  $x$  проекции  $R[A]$  называется множество таких элементов  $y$  проекции  $R[A^1]$ , для которых сцепление  $(x, y)$  является кортежами отношения  $R$ , то есть  
 $QA(x) = \{ y \mid y \in R[A^1] \wedge (x, y) \in R \}$  - множество образов.



Определение операции *деления*. Пусть даны два отношения R и T соответственно со схемами:  $S_R = (A_1, A_2, \dots, A_k)$ ;  $S_T = (B_1, B_2, \dots, B_m)$ ;

A и B — наборы атрибутов этих отношений, одинаковой длины (без повторений);

$A \subset S_R$ ;  $B \subset S_T$ . Атрибуты  $A^1$  — это атрибуты из R, не вошедшие в множество A.

Пересечение множеств  $A \cap A^1 = \emptyset$  пусто и  $A \cup A^1 = S^R$ . Проекции  $R[A]$  и  $T[B]$  совместимы по объединению, то есть имеют эквивалентные схемы:  $S_{R[A]} \sim S_{T[B]}$ .

Тогда операция деления ставит в соответствие отношениям R и T отношение  $Q = R[A:B]T$ , кортежи которого являются теми элементами проекции  $R[A^1]$ , для которых  $T[B]$  входит в построенные для них множество образов:

$$R[A:B]T = \{r \mid r \in R[A^1] \wedge T[B] \subseteq \{y \mid y \in R[A] \wedge (r, y) \in R\}\}.$$

Из множества подходов к **реляционной алгебре** чаще всего используется вариант Кодда, где набор основных операций состоит из :

- объединение отношений (union);
  - пересечения отношений (intersect);
  - взятие разности отношений (minus);
  - прямого произведения отношений ;
- и специальных реляционных операций:
- ограничение отношения (A WHERE comp);
  - проекцию отношения;
  - соединение отношений;
  - деление отношений.

Кроме того, в состав алгебры включается операция присваивания, позволяющая сохранить в базе данных результаты вычисления алгебраических выражений, и операция переименования атрибутов, дающая возможность корректно сформировать заголовок (схему) результирующего отношения.

Все четыре операции являются ассоциативными. Т. е., если обозначить через  $OP$  любую из четырех операций, то  $(A OP B) OP C = A (B OP C)$ , и следовательно, без введения двусмысленности можно писать  $A OP B OP C$  ( $A$ ,  $B$  и  $C$  - отношения, обладающие свойствами, требуемыми для корректного выполнения соответствующей операции). Все операции, кроме взятия разности, являются коммутативными, т.е.  $A OP B = B OP A$

Например: При выполнении операции **объединения** двух отношений производится отношение, включающее все кортежи, входящие хотя бы в одно из отношений-операндов.

Операция **пересечения** производит отношение, включающее все кортежи, входящие в оба отношения-операнда.

Отношение, являющееся **разностью** двух отношений, включает все кортежи, входящие в отношение-первый операнд такие, что ни один из них не входит в отношение, являющееся вторым операндом.

Пусть **UNION** обозначает операцию объединения, **INTERSECT** - операцию пересечения, а **MINUS** - операцию взятия разности. Для обозначения **операции ограничения** будем использовать конструкцию  $A \text{ WHERE } \text{comp}$ , где  $A$  - ограничиваемое отношение, а  $\text{comp}$  - простое условие сравнения

Пусть  $comp1$  и  $comp2$  - два простых условия ограничения. Тогда по определению:

- $A \text{ WHERE } comp1 \text{ AND } comp2$  обозначает то же самое, что и  $(A \text{ WHERE } comp1) \text{ INTERSECT } (A \text{ WHERE } comp2)$
- $A \text{ WHERE } comp1 \text{ OR } comp2$  обозначает то же самое, что и  $(A \text{ WHERE } comp1) \text{ UNION } (A \text{ WHERE } comp2)$
- $A \text{ WHERE NOT } comp1$  обозначает то же самое, что и  $A \text{ MINUS } (A \text{ WHERE } comp1)$

С использованием этих определений можно использовать операции ограничения, в которых условием ограничения является произвольное булевское выражение, составленное из простых условий с использованием логических связок AND, OR, NOT и скобок.

Операция взятия проекции также требует наличия двух операндов - проецируемого отношения  $A$  и списка имен атрибутов, входящих в заголовков отношения  $A$ .

Результатом проекции отношения  $A$  по списку атрибутов  $a_1, a_2, \dots, a_n$  является отношение, с заголовком, определяемым множеством атрибутов  $a_1, a_2, \dots, a_n$ , и с телом, состоящим из кортежей вида  $\langle a_1:v_1, a_2:v_2, \dots, a_n:v_n \rangle$  таких, что в отношении  $A$  имеется кортеж, атрибут  $a_1$  которого имеет значение  $v_1$ , атрибут  $a_2$  имеет значение  $v_2$ , ..., атрибут  $a_n$  имеет значение  $v_n$ . Тем самым, при выполнении операции проекции выделяется "вертикальная" вырезка отношения-операнда с естественным уничтожением потенциально возникающих кортежей-дубликатов.

**Общая операция соединения** (называемая также соединением по условию) требует наличия двух операндов - соединяемых отношений и третьего операнда - простого условия. Пусть соединяются отношения  $A$  и  $B$ . Как и в случае операции ограничения, условие соединения  $comp$  имеет вид либо  $(a \text{ comp-ор } b)$ , либо  $(a \text{ comp-ор } const)$ , где  $a$  и  $b$  - имена атрибутов отношений  $A$  и  $B$ ,  $const$  - литерально заданная константа, а  $comp-ор$  - допустимая в данном контексте операция сравнения.

Тогда по определению результатом операции сравнения является отношение, получаемое путем выполнения операции ограничения по условию  $comp$  прямого произведения отношений  $A$  и  $B$ .

**Операция деления отношений** наименее очевидна из всех операций реляционной алгебры и поэтому нуждается в более подробном объяснении. Пусть заданы два отношения -  $A$  с заголовком  $\{a_1, a_2, \dots, a_n, b_1, b_2, \dots, b_m\}$  и  $B$  с заголовком  $\{b_1, b_2, \dots, b_m\}$ . Будем считать, что атрибут  $b_i$  отношения  $A$  и атрибут  $b_i$  отношения  $B$  не только обладают одним и тем же именем, но и определены на одном и том же домене. Назовем множество атрибутов  $\{a_j\}$  составным атрибутом  $a$ , а множество атрибутов  $\{b_j\}$  - составным атрибутом  $b$ . После этого будем говорить о реляционном делении бинарного отношения  $A(a,b)$  на унарное отношение  $B(b)$ . Результатом деления  $A$  на  $B$  является унарное отношение  $C(a)$ , состоящее из кортежей  $v$  таких, что в отношении  $A$  имеются кортежи  $\langle v, w \rangle$  такие, что множество значений  $\{w\}$  включает множество значений атрибута  $b$  в отношении  $B$ .

## Реляционное исчисление

Базисными понятиями **реляционного исчисления** являются понятия переменной с определенной для нее областью допустимых значений и понятие правильно построенной формулы, опирающейся на переменные, предикаты и кванторы.

Правильно построенные формулы (WFF – Well Formed Formula) служат для выражения условий, накладываемых на кортежные переменные. Основой WFF являются простые сравнения скалярных значений. Более сложные WFF строятся с помощью логических связок AND, NOT, OR, IF...THEN.

WFF можно построить с помощью кванторов `EXIST var (form)`, `FORALL var(form)`. Переменные могут быть свободными (если кванторы не использовались) и связанными. Кроме условий выборки нужен **целевой список**, определяющий набор и имена столбцов результирующего отношения, который включает целевые элементы, каждый из которых может иметь вид `var.attr` - имена всех атрибутов определяющего отношения; `new_name = var.attr1` - новое имя отношения.



В исчислении доменов областью определения переменных являются не отношения, а домены. Основное отличие – наличие дополнительного набора предикатов, позволяющих выразить условие членства. Например:

$R(a_1:v_1, a_2:v_2, \dots, a_m:v_m) (m \leq n)$ .

Т.о. проектирование реляционной БД состоит в определении из каких отношений должна состоять БД, и какие атрибуты должны быть у этих отношений.

Существует методика посылки операторов SQL в СУБД через модули – группы процедур, которые вызываются из главного языка программирования. Каждая процедура содержит оператор SQL, и данные передаются через параметры.

ACCESS поддерживает протокол ODBC (Open Data Base Connectivity) для подключения SQLServer

Windows использует концепцию ODBC (Open Database Connectivity), где Driver Manager связывает ODBC-совместимые приложения и разделяемые объекты. При изменении СУБД меняется только связной драйвер, но не интерфейс прикладной программы

Другой стандарт обеспечения доступа к данным – через стандартный com-интерфейс с помощью стандарта **OLE DB** (Object Linking and Embedding), что позволяет связывать комплексные документы с разными типами данных, обеспечить совместную работу нескольких приложений и перенос и копирование объектов между приложениями.

OLE DB включает 55 интерфейсов, сгруппированных в 7 объектных типов: Data Source, DBSession, Command, Rowset, Index, ErrorObject, Transaction

Наконец, для доступа могут быть использованы **интегральные среды программирования**, чаще всего используются языки программирования Borland C++, C++Builder, Delphi, Intra Builder, JBuilder; среда визуального построителя приложений; высокопроизводительный компилятор в машинный код; объектно-ориентированная библиотека визуальных компонент; генератор отчетов; масштабируемые средства для построения БД. Существуют механизм BDE с использованием BDE-Table, TQuery.

В случае распределенных БД используются 3 модели «клиент-сервер»: доступ к удаленным данным (RDA-модель) (2 звенная); модель сервера БД (DBS-модель) (2 звенная); модель сервера приложений (AS-модель) (3 звенная).

В случае 3 звеньев – интерфейс с пользователем, программное обеспечение промежуточного слоя (middle ware), управление данными.

Кроме того необходимо управление транзакциями, коммуникациями, запросами, управление именами.

При такой системе БД видна клиенту через набор серверов, а все операции над БД выполняются внутри сервисов.

В настоящее время для распределенных систем используются технологии CORBA (протокол ActiveX/DCom на Intel-платформе); DCOM (Java Bean / CORBA платформы Sun, OMG, и др), web-приложений

Один из наиболее мощных разработчиков разработки СУБД фирма Oracle разработала методику CDM (Custom Development Method) на языке UML (Unified Modeling Language).

UML- язык графического описания для объектного моделирования в области разработки ПО , это открытый стандарт, использующий графические обозначения для создания абстрактной модели системы, называемой *UML-моделью*. UML был создан для определения, визуализации, проектирования и документирования в основном программных систем. UML не является языком программирования, но в средствах выполнения UML-моделей как интерпретируемого кода возможна кодогенерация. UML позволяет также разработчикам программного обеспечения достигнуть соглашения в графических обозначениях для представления общих понятий (таких как класс, компонент, обобщение (generalization), объединение (aggregation) и поведение для проектирования и архитектуры.

Средства UML- диаграммы сущность-связь. Строится словарь предметной области

Структура UML включает:

- метамодель и правила построения диаграмм;
- варианты использования (use case diagram);
- классы (class diagram);
- компоненты (component diagram);
- состояния (State Machine diagram);
- активности (Activity diagram);
- взаимосвязи (Communication diagram);
- развертывание (Deployment diagram) и др.

UML использует язык OCL (Object Constraint Language) фирмы IBM.

Диаграммы прецедентов (Interaction diagram) используются для формализации требований Заказчика и включают следующие виды отношений:

- отношение ассоциации (-);
  - отношение расширения (  $\rightarrow$  );
  - отношение обобщения (  $\rightarrow$  );
  - отношение включения (include ) и др.
-

Цифры над стрелкой указывают кратность отношения и операцию. Сложные системы разбиваются на пакеты. Между компонентами классов могут существовать отношения, например, **зависимости** (access, import, bind, refine); **ассоциации** (связь между классами): исключения, агрегации, композиции, обобщения. Диаграммы состояния (state) объектов (entry, exit, do, include). Диаграммы последовательности связи (call, return, create, destroy, send). Диаграммы сотрудничества (association, Parameter, local, global, self). Спецификация компонентов (library, table, file, document, executable). Схема взаимодействия всех диаграмм могут быть отражены на рис.



