

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

КРАСНОЯРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Языки манипулирования данными

*Методические указания для студентов 1-го курса
экономического факультета*

Красноярск 2004

Составитель: Е.Д. Карпова

Языки манипулирования данными: Методические указания / Краснояр. гос. ун-т; Сост. Е.Д. Карпова. – Красноярск, 2003. – 55 с.

В методических указаниях даны основные понятия манипуляционной части реляционной модели данных, рассмотрены реляционная алгебра и реляционное исчисление, а также наиболее популярная реализация языка манипулирования данными – SQL. Методические указания снабжены многочисленными примерами, содержат лабораторный практикум и контрольные работы.

Печатается по решению редакционно-издательского
совета Красноярского университета

© Красноярский
государственный
университет

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В 1970, 1971 гг. Е.Ф. Кодд (E.F. Codd) опубликовал две знаковые статьи, в которых последовательно разработал математический аппарат для реляционной модели данных (РМД). По сути дела, РМД стала первой до конца проработанной и имеющей под собой строгий математический фундамент моделью. Более ранние СУБД “обзавелись” моделями данных (иерархическими, сетевыми, основанными на инвертированных списках) постфактум, после десятилетия успешной работы на потребительском рынке отдельных продуктов. Более поздние (например, объектно-ориентированные модели) до сих пор не могут «похвастаться» наличием столь законченной и единой математической теории, что сильно усложняет их стандартизацию и коммерческое использование.

Хотя РМД сама по себе имеет большое значение, именно язык обработки данных явился основанием для реляционной революции в БД.

Предметом обсуждения в настоящем пособии является процесс манипулирования данными в уже построенной реляционной базе данных (РБД). Основные понятия и процесс проектирования РМД выходят за рамки выбранной темы, поэтому отсылаем читателя к списку литературы.

Манипуляционная часть РМД опирается на два фундаментальных механизма манипулирования реляционными БД - реляционную алгебру и реляционное исчисление. Первый механизм (**реляционная алгебра, РА**) базируется в основном на классической теории множеств и является процедурным (т.е. обеспечивающим пошаговое решение задач) языком обработки реляционных таблиц. Второй механизм (**реляционное исчисление, РИ**) опирается на классический логический аппарат исчисления предикатов первого порядка. Этот язык позволяет формулировать, что нужно сделать, а не как этого добиться (декларативный язык).

Е. Кодд показал, что РА и РИ *логически эквивалентны*, то есть любой запрос, который можно сформулировать в терминах РА, можно записать, пользуясь РИ, и наоборот. Этот факт позволяет измерять логическую мощность любого языка запросов РМД. Язык называется *реляционным* (реляционно полным), если он обладает не меньшей мощностью, чем РА или РИ.

В современных СУБД обычно поддерживается единый интегрированный язык, содержащий все необходимые средства для работы с БД. Стандартным языком наиболее распространенных в настоящее время реляционных СУБД является язык SQL (Structured Query Language). Прежде всего, язык SQL сочетает средства определения логической структуры и ограничений целостности РБД (DDL – *Data Definition Language*) и языка манипулирования данными (DML – *Data Manipulation Language*). Кроме того, язык SQL поддерживает специфические возможности администрирования БД, а также авторизации доступа к объектам БД (DCL – *Data Control Language*). Важной особенностью реализации SQL является сочетание интерактивного доступа к

БД с возможностью встраивания SQL в стандартные языки программирования.

ПОНЯТИЕ ОТНОШЕНИЯ

Атрибут – свойство объекта предметной области. Атрибут характеризуется именем и значением, которое должно принадлежать некоторому домену. **Домен** определяется *базовым типом* данных, к которому относятся элементы домена, и *логическим выражением*, применяемым к элементам типа данных. Если вычисление этого логического выражения дает результат "истина", то элемент данных является элементом домена:

$$\text{Домен} = \text{Базовый тип} + \text{Правило.}$$

Наиболее правильной интуитивной трактовкой понятия домена является понимание его как допустимого потенциального множества значений данного типа.

Следует отметить также *семантическую* нагрузку понятия домена: данные считаются сравнимыми (*тета-сравнимыми*) только в том случае, когда они относятся к одному домену, а не к одному базовому типу.

Таким образом, каждый экземпляр объекта предметной области в каждый момент времени однозначно характеризуется набором конкретных значений атрибутов.

Схема отношения – это именованное множество пар {**имя атрибута, имя домена**}. *Степень* или "арность" схемы отношения – мощность этого множества, т.е. количество атрибутов.

Схема базы данных – это набор именованных схем отношений.

Картеж, соответствующий данной схеме отношения, – это множество пар {**имя атрибута, значение**}, которые содержат одно вхождение каждого имени атрибута, принадлежащего схеме отношения. “Значение” является допустимым значением домена данного атрибута.

Отношение – это множество картежей, соответствующих одной схеме отношения.

На самом деле, понятие схемы отношения ближе всего к понятию структурного типа данных в языках программирования. Было бы вполне логично разрешать отдельно определять схему отношения, а затем одно или несколько отношений с данной схемой. Однако в реляционных базах данных это не принято. *Имя схемы отношения в базах данных всегда совпадает с именем соответствующего отношения-экземпляра.*

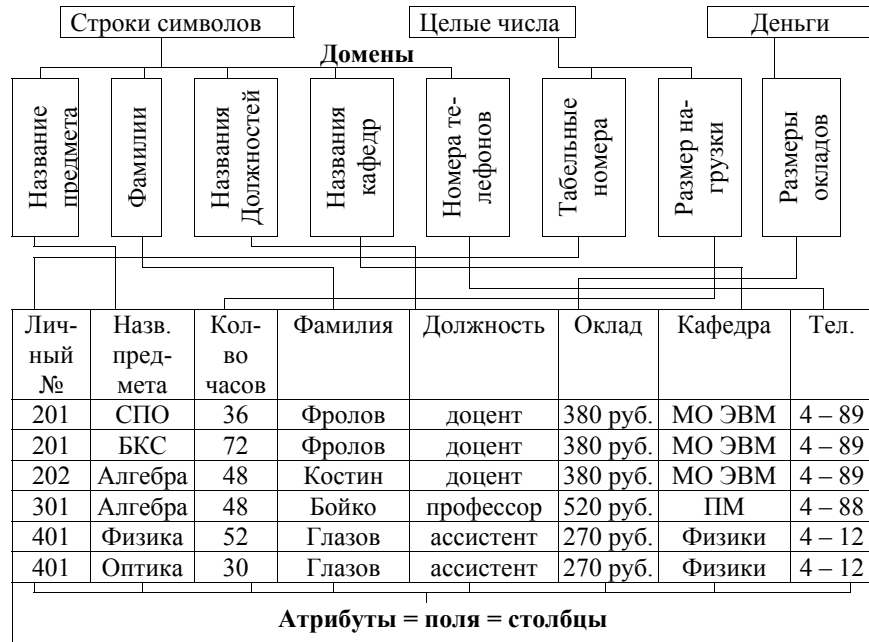
В классических реляционных базах данных после определения схемы базы данных изменяются только отношения-экземпляры. В них могут появляться новые и удаляться или модифицироваться существующие картежи. Однако во многих реализациях допускается и изменение схемы базы данных: определение новых и изменение существующих схем отношения. Это принято называть *эволюцией схемы базы данных*.

Схемы двух отношений называют *эквивалентными*, если они имеют одинаковую степень и возможно такое упорядочивание имен атрибутов в схеме, что на одинаковых местах будут находиться тета-сравнимые атрибуты.

Удобным представлением отношения является плоская таблица, заголовком которой является схема отношения, а строками – картежи отношения-экземпляра. В этом случае имена атрибутов именуют столбцы этой таблицы.

Рисунок 1 иллюстрирует введенные понятия и показывает аналогию между отношением и плоской таблицей. В реализации реляционной модели картежи принято также называть записями, а столбцы – полями.

Типы данных



Атрибуты = поля = столбцы

Картежи = записи = строки

Отношение ПРЕПОДАВАТЕЛЬ-ДИСЦИПЛИНА = Плоская таблица

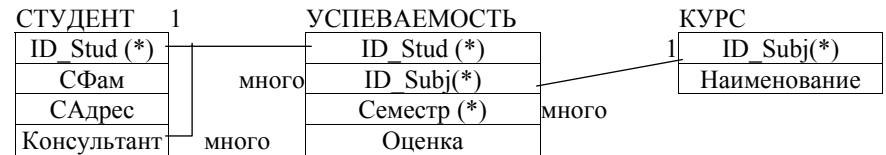
Рис 1

В изложении основ реляционной алгебры и реляционного исчисления будем придерживаться терминологии теории отношений, а при обсуждении

практической реализации реляционной модели данных будем использовать аналогию таблиц.

РЕЛЯЦИОННАЯ БАЗА ДАННЫХ “УСПЕВАЕМОСТЬ”

Для иллюстрации изложения будем использовать простую БД УСПЕВАЕМОСТЬ, состоящую из трех отношений (имена отношений даны прописными буквами, “*” помечены первичные ключи, линиями обозначены связи с указанием их степени – “1” или “много”):



При этом будем использовать также следующий экземпляр БД:

СТУДЕНТ

ID Stud	СФам	САдрес	Консультант
001	Иванов И.И.	A1	004
002	Иванов И.И.	A2	004
003	Петрова П.П.	A3	002
004	Андреева А.А.	A4	Null

КУРС

ID Subj	Наименование
K1	Базы данных
K2	Высшая матем.
K3	Физика

УСПЕВАЕМОСТЬ

ID Stud	ID Subj	Семестр	Оценка
001	K1	6	4
001	K2	1	4
001	K2	2	3
002	K1	6	5
002	K3	3	4
004	K1	6	5
004	K2	1	5
004	K3	3	5
004	K2	2	5

ОПЕРАЦИИ РЕЛЯЦИОННОЙ АЛГЕБРЫ

Операции РА используют одно или два реляционных отношения (РО) для создания нового РО. Результирующее отношение может быть использовано в качестве входного для новой операции. Как указывалось, РА является процедурным языком, то есть для всех операций описаны алгоритмы получения результирующего множества.

Е.Ф. Кодд рассматривает в рамках РА девять операций (см. рис. 1). Следует отметить, что этот набор избыточен, то есть некоторые операции могут быть определены через оставшиеся. Однако ввиду важности для практики операций соединения и деления они выделяются как самостоятельные.

Объединение	}	взяты из теории множеств и совпадают с соответствующими теоретико-множественными операциями
Пересечение		
Разность		
Произведение		
Операция Выбор	}	относятся только к реляционной алгебре
Создание Проекций		
Соединение		
Деление		
Присвоение	}	стандартная операция компьютерного языка, дающая имя величине

Присвоение

Операция присвоения является стандартной и основной для любого процедурного языка. В нашем случае с ее помощью производится присвоение имени новому отношению, созданному из существующих отношений. Для обозначения присвоения будем использовать стандартный символ “:=”.

Теоретико-множественные операции РА

Операции РА объединение, пересечение и разность оперируют двумя РО. Важным отличием этих операций от теоретико-множественных аналогов является необходимость совпадения структуры (схем) отношений-операндов, т.е. они должны иметь в точности одни и те же атрибуты.

Вообще, две схемы называются эквивалентными, а отношения **объединительно-совместимыми**, 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.

Для иллюстрации этих операций предположим, что вместо отношения СТУДЕНТ существует два отношения – КОНСУЛЬТИРУЕМЫЙ = <ID_Stud (*),СФам,САдрес> и КОНСУЛЬТАНТ = <ID_Stud (*),СФам, САдрес >.

КОНСУЛЬТИРУЕМЫЙ			
ID_Stud	СФам	САдрес	Консультант
001	Иванов И.И.	A1	004
002	Иванов И.И.	A2	004
003	Петрова П.П.	A3	002

КОНСУЛЬТАНТ			
ID_Stud	СФам	САдрес	Консультант
002	Иванов И.И.	A2	004
004	Андреева А.А.	A4	Null

Очевидно, что это избыточные данные. Они могли быть созданы, например, после применения серии операций РА.

Объединение

Операция Объединение (U) позволяет комбинировать данные из двух отношений. В результирующее отношение картеж включается, если он входит хотя бы в одно из отношений-операндов.

Запрос. Получить список всех студентов.

Решение. СТУДЕНТ:= КОНСУЛЬТИРУЕМЫЙ U КОНСУЛЬТАНТ

Результат. Совпадает с РО СТУДЕНТ из первоначальной БД.

Замечание. Любой картеж, появляющийся в обоих отношениях, входит в результирующее отношение только один раз, что обеспечивает замкнутость операции над множеством отношений. Например, строка с ID_Stud = 002 войдет в СТУДЕНТ один раз.

Пересечение

В результирующее отношение картеж включается, если он входит в оба отношения-операнда.

Запрос. Определить, кто из студентов консультируется, сам являясь консультантом.

Решение. КОНСУЛЬТИРУЕМЫЙ_КОНСУЛЬТАНТ :=

КОНСУЛЬТИРУЕМЫЙ ^ КОНСУЛЬТАНТ

Результат.

КОНСУЛЬТИРУЕМЫЙ_КОНСУЛЬТАНТ			
ID_Stud	СФам	САдрес	Консультант
002	Иванов И.И.	A2	004

Разность

В результирующее отношение картеж включается, если он входит в первое отношение-операнд, но отсутствует в другом.

Запрос. Определить, кто из студентов консультируется, сам НЕ являясь консультантом.

Решение. КОНСУЛЬТИРУЕМЫЙ_НЕ_КОНСУЛЬТАНТ :=

КОНСУЛЬТИРУЕМЫЙ – КОНСУЛЬТАНТ

Результат.

КОНСУЛЬТИРУЕМЫЙ_НЕ_КОНСУЛЬТАНТ			
ID_Stud	СФам	САдрес	Консультант
001	Иванов И.И.	A1	004
003	Петрова П.П.	A3	002

Следует подчеркнуть, что операция не коммутативна, $A - B \neq B - A$.

Запрос. Определить, кто из студентов консультирует, но сам НЕ консультируется.

Решение. КОНСУЛЬТАНТ_НЕ_КОНСУЛЬТИРУЕМЫЙ :=

КОНСУЛЬТАНТ - КОНСУЛЬТИРУЕМЫЙ

Результат.

КОНСУЛЬТАНТ НЕ КОНСУЛЬТИРУЕМЫЙ

ID_Stud	СФам	САдрес	Консультант
004	Андреева А.А.	А4	Null

Произведение

Эта операция РА создает декартово произведение двух РО. Чтобы пояснить действие этой операции, рассмотрим абстрактный пример.

Запрос. Даны два РО: $A = \langle X, Y \rangle$ и $B = \langle W, Z \rangle$.

A		B	
X	Y	W	Z
10	20	100	200
11	22	101	201
		102	202

Следует найти Произведение этих отношений.

Решение. $C := A * B$.

Результат.

C			
X	Y	W	Z
10	20	100	200
10	20	101	201
10	20	102	201
11	22	100	200
11	22	101	201
11	22	102	201

Декартово произведение получается в результате:

1. связывания (или соединения) атрибутов двух отношений;
2. присоединения к каждому картежу отношения A каждого картежа отношения B.

Если бы нам пришлось в голову выполнить бесполезную операцию $СТУДЕНТ * УСПЕВАЕМОСТЬ$, то ответ содержал бы 8 столбцов и 36 строк и был бы весьма бессмысленным. Кроме того, два столбца вообще назывались бы одинаково – ID_Stud. Последняя проблема преодолевается путем добавления к имени столбца имени таблицы – $СТУДЕНТ.ID_Stud$ и $УСПЕВАЕМОСТЬ.ID_Stud$. Вообще, на первый взгляд, никакие разумные запросы не требуют такой странной операции. Однако произведение используется как составная часть операции соединения и, следовательно, важна хотя бы в концептуальном плане. Более того, она реализована в языках запросов, и здесь еще не раз о ней будет упоминаться.

Операции, присущие только РА

Выборка

Выборка – операция РА, производящая отбор картежей из РО на основании некоторого условия.

Иногда выборку называют *горизонтальной проекцией*. Операция имеет следующий синтаксис:

$B := SELECT (ИМЯ_ТАБЛИЦЫ: \langle БУЛЕВО \text{ ВЫРАЖЕНИЕ} \rangle)$.

При формировании условия на горизонтальную проекцию $\langle БУЛЕВО \text{ ВЫРАЖЕНИЕ} \rangle$ строится из термов сравнения с помощью связок “И”, “ИЛИ”, “НЕ” и, возможно, скобок. Терм сравнения допустим в двух видах: $A \text{ ОС } a$; $A \text{ ОС } B$, где **A** и **B** – имена некоторых тета-сравнимых (относящихся к одному домену) атрибутов, **a** – константа, ОС – одна из операций сравнения (=, <, !=, >=, <=, !>, !<).

Запрос. Какой номер имеет студент Иванов И.И.?

Решение.

$СТУДЕНТ_ИВАНОВ := SELECT(СТУДЕНТ:СФам='Иванов И.И.')$

Результат.

СТУДЕНТ ИВАНОВ			
ID Stud	СФам	САдрес	Консультант
001	Иванов И.И.	А1	004
002	Иванов И.И.	А2	004

Запрос. Кто получил больше тройки по курсу К2 в первом семестре?

Решение. $УСПЕХИ_К2 := SELECT(УСПЕВАЕМОСТЬ: (ID_Subj='К2') \text{ AND } (Семестр = 1) \text{ AND } (Оценка > 3))$.

Результат.

УСПЕХИ К2			
ID Stud	ID Subj	Семестр	Оценка
001	К2	1	4
004	К2	1	5

Создание Проекций

Операцию выборки можно представить как операцию исключения “ненужных” картежей. Часто для ответа на запрос необходимы не все атрибуты исследуемого отношения, а только некоторые из них. Например, в последнем запросе нас могло интересовать лишь значение поля ID_Stud. Операция исключения “ненужных” атрибутов называется **вертикальной проекцией**, а результирующее отношение – проекцией.

Синтаксис операции:

$ИМЯ_ТАБЛИЦЫ [ИмяСтолбца_1, ИмяСтолбца_2, \dots]$.

Здесь ИМЯ_ТАБЛИЦЫ – имя исходной таблицы, а ИмяСтолбца_i, столбцы, которые войдут в проекцию.

Запрос. Какие оценки получали студенты?

Решение. УСПЕВАЕМОСТЬ [Оценка].

Результат.

Оценка
3
4
5

Заметим, что каждое значение в проекцию входит только один раз. Это вновь делается для того, чтобы сохранить результат как отношение.

На примере проекции продемонстрируем **вложение** операций в РА, то есть последовательное выполнение операций без явного присвоения имени промежуточной таблице. Для примера вернемся к последнему запросу на операцию выборки.

Запрос. Кто получил больше тройки по курсу К2 в первом семестре?

Решение. НОМ_УСПЕХИ_К2 := SELECT (УСПЕВАЕМОСТЬ:

ID_Subj='K2' AND Семестр = 1 AND Оценка>3) [ID_Stud].

Результат.

НОМ_УСПЕХИ_К2

ID_Stud
001
004

Отметим, что всегда сначала выполняется операция выбора, а затем результат проецируется. Вложение операций можно производить в произвольном порядке, разрешено применять скобки для указания приоритета.

Соединение

Соединение – одна из наиболее важных операций РА. Именно благодаря возможности реализации соединения отношений, БД проектируется в нормализованном виде (лишенном избыточности хранения и основных аномалий, связанных с изменением данных). Тем не менее, операция соединения не является самостоятельной, она определяется через другие операции РА.

Обычно выделяют несколько вариантов соединения: естественное, тета-соединение, внешнее.

⇒ **Естественное Соединение** – операция Соединения, связывающая отношения, когда общие атрибуты имеют равные значения.

Как правило, естественное соединение производится по внутренним связям схемы БД.

Результатом естественного соединения **JOIN (A,B)** двух отношений А и В, имеющих общие атрибуты C_1, \dots, C_n , является отношение, полученное следующим образом:

1. $A * B$ (результат содержит по два столбца на каждый C_1, \dots, C_n).

2. $SELECT(A*B: A.C_1=B.C_1 \text{ And } A.C_2=B.C_2 \dots \text{ And } A.C_n=B.C_n)$ (из произведения исключаются все строки, кроме тех, в которых значения C_1, \dots, C_n из А совпадают с соответствующими столбцами C_1, \dots, C_n из В).

3. Проектированием исключается одна копия столбцов C_1, \dots, C_n .

Запрос. Кто сдавал курс К1?

Решение. СТУДЕНТ_К1 := JOIN (УСПЕВАЕМОСТЬ_К1, СТУДЕНТ).

Результат.

ID_Stud	СФам	САдрес	Консультант	ID_Subj	Семестр	Оценка
001	Иванов И.И.	A1	004	K1	6	4
002	Иванов И.И.	A2	004	K1	6	5
004	Андреева А.А.	A4	Null	K1	6	5

Другой взгляд на естественное соединение – это рассмотрение процесса с позиции табличного поиска. Для каждой строки отношения УСПЕВАЕМОСТЬ_К1 мы ищем строки в отношении СТУДЕНТ, имеющие тот же ID_Stud. Таким образом, поскольку ID_Stud – ключевое поле в СТУДЕНТ и УСПЕВАЕМОСТЬ_К1 содержит три строки, то и результирующее отношение будет иметь три строки. Мы просто расширили каждую строку УСПЕВАЕМОСТЬ_К1, добавив информацию о студенте.

Путь от отношения к отношению может лежать через несколько соединений, а также выполнение других операций РА.

Запрос. Кто сдавал Высшую математику за 1 семестр?

Решение. A := SELECT (КУРС: Наименование = 'Высшая Матем.');

B := JOIN (УСПЕВАЕМОСТЬ, A);

C := SELECT (B: Семестр=1);

D := JOIN (СТУДЕНТ, C) [СФам].

Результат.

D
СФам
Иванов И.И.
Андреева А.А.

⇒ **Тета-соединение** – операция РА, связывающая отношения, при которой значения связующих атрибутов удовлетворяют некоторому условию **JOIN (A,B: Условие_соединения)**. Условие_соединения имеет вид $A.x \text{ ОС } B.y$, где x и y – связующие атрибуты отношений А и В соответственно, ОС – один из операторов сравнения: =, <>, >, >=, <, <=. Таким образом, естественное соединение можно считать подтипом тета-соединения, проводимым по атрибутам связи. Отметим, что тета-соединение не предполагает удаление “лишних” атрибутов на последнем шаге. Если оператор сравнения “=”, а атрибуты связи принадлежат одному отношению, то соединение называют **эквисоединением**.

Запрос. Идентифицировать студентов, чей консультант Андреева А.А.

Решение. Решим проблему следующим образом.

СТУД1 := СТУДЕНТ; СТУД2 := СТУДЕНТ;

A := JOIN (СТУД1, СТУД2 : СТУД1.ID_Stud = СТУД2.Консультант) (эквивалентное);

B := SELECT (A: СТУД2.Консультант = 'Андреева А.А.') [СТУД1.СФам].

⇒ **Внешнее Соединение** – расширение естественного соединения, включающее все картежи из соединяемых отношений.

Запрос. Присоединить информацию об успеваемости к информации о студентах.

Решение. JOIN (СТУДЕНТ, УСПЕВАЕМОСТЬ).

Результат.

ID_Stud	СФам	САдрес	Консультант	ID_Subj	Семестр	Оценка
001	Иванов И.И.	A1	004	K1	6	4
001	Иванов И.И.	A1	004	K2	1	4
001	Иванов И.И.	A1	004	K2	2	3
002	Иванов И.И.	A2	004	K1	6	5
002	Иванов И.И.	A2	004	K3	3	4
004	Андреева А.А.	A4	Null	K1	6	5
004	Андреева А.А.	A4	Null	K2	1	5
004	Андреева А.А.	A4	Null	K3	3	5
004	Андреева А.А.	A4	Null	K2	2	5

Поскольку студентка Петрова П.П. еще ничего не сдавала, то в рамках естественного соединения данные о Петровой не войдут в результирующее отношение. Многие считают, что тем самым теряется важная информация.

Проблема решается путем введения еще одного вида соединения – внешнего **OUTERJOIN (A, B)**. В этом случае к отношению-справочнику СТУДЕНТ добавляется отношение связи УСПЕВАЕМОСТЬ.

Решение предыдущей задачи с помощью внешнего соединения. OUTERJOIN (СТУДЕНТ, УСПЕВАЕМОСТЬ).

Результат.

ID_Stud	СФам	САдрес	Консультант	ID_Subj	Семестр	Оценка
001	Иванов И.И.	A1	004	K1	6	4
001	Иванов И.И.	A1	004	K2	1	4
001	Иванов И.И.	A1	004	K2	2	3
002	Иванов И.И.	A2	004	K1	6	5
002	Иванов И.И.	A2	004	K3	3	4
003	Петрова П.П.	A3	002	Null	Null	Null
004	Андреева А.А.	A4	Null	K1	6	5
004	Андреева А.А.	A4	Null	K2	1	5
004	Андреева А.А.	A4	Null	K3	3	5

ID_Stud	СФам	САдрес	Консультант	ID_Subj	Семестр	Оценка
004	Андреева А.А.	A4	Null	K2	2	5

Деление

Деление – операция RA, создающая новое отношение путем выбора картежей одного отношения, соответствующих *каждому* картежу другого отношения.

Запрос. Перечислить номера студентов, которые сдали все предметы хотя бы за один семестр.

Решение. Интуитивно решение выглядит так. Сначала мы должны создать таблицу, состоящую из первичного ключа таблицы КУРС, так как именно он фигурирует в таблице УСПЕВАЕМОСТЬ.

A := КУРС[ID_Subj].

Теперь создадим таблицу, содержащую информацию КТО КАКИЕ КУРСЫ СДАВАЛ:

B := УСПЕВАЕМОСТЬ [ID_Stud, ID_Subj].

Теперь нам остается вычислить, КТО ИЗ СТУДЕНТОВ представлен в B в сочетании с КАЖДЫМ КУРСОМ.

Это и делается с помощью операции деления:

C := B / A.

Результат.

A
ID_Subj
K1
K2
K3

B	
ID_Stud	ID_Subj
001	K1
001	K2
002	K1
002	K3
004	K1
004	K2
004	K3

C
ID_Stud
004

Дадим общее описание операции следующим образом. Пусть A, B, C – PO, и мы хотим разделить B на C и получить в результате A (A=B/C). Тогда

1. Столбцы C должны составлять подмножество столбцов B. Столбцами A будут только те столбцы B, которые не являются столбцами C.

2. Строка помещается в таблицу A в том, и только том случае, если она входит в B с **КАЖДОЙ** подстрокой C.

Пример

Приведем пример, который демонстрирует творческий подход в применении операций RA.

Запрос. Определить максимальную оценку, полученную Ивановым И.И.

Решение. Сразу отметим, что Ивановых И.И. у нас двое, но, так как в запросе ничего больше не уточняется, будем искать оценку, максимальную для двух студентов. Это иллюстрирует, что запросы должны максимально четко формулироваться не только на формальном языке запроса, но и на стадии разработки задания.

Далее, в глаза бросается трудность, необходимо сравнивать значения одного и того же поля в разных строках, так что операция выбора отпадает – она обрабатывает за один раз только одну строку. Однако тета-соединение сравнивает, по крайней мере, две строки за один раз. Воспользуемся этим для связи таблицы с самой собой. Итак, сначала отберем необходимые записи в УСПЕВАЕМОСТЬ.

A := SELECT (СТУДЕНТ: CФам = 'Иванов И.И.') [ID_Студ];

B := JOIN (УСПЕВАЕМОСТЬ, A);

Теперь сделаем следующее:

C := B [Оценка];

D := C;

E := JOIN (C, D: C.Оценка > D.Оценка).

Посмотрим на результат этих необычных действий.

B				C		D		E	
ID_Студ	ID_Subj	Семестр	Оценка	Оценка	Оценка	С.Оценка	D.Оценка		
001	K1	6	4	4	4	4	3		
001	K2	1	4	3	3	5	4		
001	K2	2	3	5	5	5	3		
002	K1	6	5						
002	K3	3	4						

Если внимательно изучить таблицу E, то можно заметить, что столбец C.Оценка содержит все величины, кроме минимальной, а столбец D.Оценка – все величины, кроме максимальной. Этим и воспользуемся:

F := E [D.Оценка];

G := C – F.

Поскольку C содержит все величины оценок, а F все, кроме максимальной, то результатом будет максимальная оценка.

Замечание: Если E пуста, то, значит, C состоит из одной записи, а D.Оценка = NULL, тогда вместо двух последних операций следует выполнить:

F* := OUTERJOIN(C,E [D.Оценка]);

G* := SELECT(F*: D.Оценка = NULL)[C.Оценка].

F*

С.Оценка	D.Оценка
значение	NULL

РЕЛЯЦИОННОЕ ИСЧИСЛЕНИЕ

Операции РИ, так же, как и операции РА, манипулируют реляционными таблицами, но синтаксис операций лишен привычного оператора присвоения, отделяющего результирующего отношения от операндов и параметров операции. Запрос в РИ содержит две главные составляющие, которые заключаются в {} и разделены «:»

{целевой список : определяющее выражение}.

Целевой Список – определяет атрибуты результирующего отношения.

Определяющее Выражение – условия, ограничивающие вхождение элементов в отношение.

6-в-одном: операции объединения, пересечения, разности, произведения, выборки, проекции

Запрос. Кто из студентов проживает по адресу A2?

Решение. {г.СФам : г IN СТУДЕНТ AND г.САдрес = 'A2'}.

Подобный запрос содержит почти все конструкции синтаксиса РИ. Рассмотрим их подробнее.

⇒ {}. Фигурные скобки обозначают, что ответом на запрос будет МНОЖЕСТВО значений данных. Что именно входит в это множество, поясняется в скобках.

⇒ *Целевой список.* В нашем случае это выражение г.СФам, где г – переменная, обозначающая произвольную строку таблицы, имя которой определяется в *определяющем выражении*. Мы будем обозначать строки-переменные маленькими латинскими буквами – г, s, p, q ...

⇒ *Определяющее выражение.* В нашем случае это выражение г IN СТУДЕНТ AND г.САдрес = 'A2'. Рассмотрим его составные части.

⇒ г IN СТУДЕНТ. Оператор IN – определяет имя отношения, из которого берутся строки г.

⇒ г.САдрес = 'A2'. Условие, по которому отбираются записи в результирующее отношение. Условие строится с помощью стандартных операций логики AND, OR, NOT, шести операций сравнения (=, !=, >, >=, <, <=) и оператора IN.

Таким образом, рассмотренный пример демонстрирует запись операций выборки SELECT и создания проекций. Кроме того, из рассмотренных уже конструкций можно получить и все аналоги теоретико-множественных операций. Обсудим это кратко на уже знакомых нам примерах. Отметим, что таблицы должны быть *объединительно-совместимыми*.

Объединение

Запрос. Получить список всех студентов на основе отношений КОНСУЛЬТАНТ и КОНСУЛЬТИРУЕМЫЙ.

Решение. {г.ID_Студ, г.СФам, г.САдрес : г IN КОНСУЛЬТИРУЕМЫЙ OR г IN КОНСУЛЬТАНТ}.

Поскольку результаты запросов будут совпадать с отношениями, получающимися в результате выполнения соответствующих операций РА, мы не будем останавливаться на конкретных экземплярах.

Пересечение

Запрос. Определить, кто из студентов консультируется, сам являясь консультантом.

Решение. {г.ID_Студ, г.СФам, г.САдрес : г IN КОНСУЛЬТИРУЕМЫЙ AND г IN КОНСУЛЬТАНТ}.

Разность

Запрос. Определить, кто из студентов консультируется, сам НЕ являясь консультантом.

Решение. {г.ID_Студ, г.СФам, г.САдрес : г IN КОНСУЛЬТИРУЕМЫЙ OR г NOT IN КОНСУЛЬТАНТ}.

И вновь $A-B <> B-A$.

Запрос. Определить, кто из студентов консультирует, но сам НЕ консультируется.

Решение. {г.ID_Студ, г.СФам, г.САдрес : г NOT IN КОНСУЛЬТИРУЕМЫЙ OR г IN КОНСУЛЬТАНТ}.

Произведение

Запрос. Даны две РТ: $A = \langle X, Y \rangle$; $B = \langle W, Z \rangle$

Решение. {г.X, г.Y, s.W, s.Z : г IN A AND s IN B}.

Квантор существования. Соединение

Для введения двух оставшихся операций в РИ рассматриваются два КВАНТОРА.

Квантор Существования (EXISTS) – выражение РИ, означающее существование ХОТЯ БЫ ОДНОЙ строки, удовлетворяющей условию определяющего выражения.

Квантор существования позволяет рассматривать несколько связанных отношений, причем в его терминах предусмотрено и естественное, и внешнее, и тета-соединение. Рассмотрим примеры.

Естественное соединение

Запрос. Кто сдавал курс К1?

Решение. Построение запроса выполним поэтапно.

⇒ На вопрос КТО? необходимо искать картежи в отношении СТУДЕНТ. Поэтому целевой список должен содержать атрибуты из этого отношения, а определяющее выражение – оператор принадлежности (IN) картежей к Студент, например, так:

{г.ID_Студ, г.СФам : г IN СТУДЕНТ ...}

⇒ Информация о сданных курсах содержится в отношении УСПЕВАЕМОСТЬ. При этом в результирующее отношение будет включаться информация о студентах, для которых СУЩЕСТВУЕТ ХОТЯ БЫ ОДИН картеж в УСПЕВАЕМОСТИ. Условие существования задается одноименным квантором EXISTS, за которым следует условие соединения, указывающее, как в случае естественного, так и тета-соединения:

{г.ID_Студ, г.СФам : г IN СТУДЕНТ AND EXISTS s IN УСПЕВАЕМОСТЬ (s.ID_Студ=г.ID_Студ ...)}.

⇒ И наконец, необходимо добавить выборку по курсу К1. Окончательно будем иметь следующее выражение РИ:

{г.ID_Студ, г.СФам : г IN СТУДЕНТ AND EXISTS s IN УСПЕВАЕМОСТЬ (s.ID_Студ=г.ID_Студ AND s.ID_Субж='К1')}.

Следует отметить, что исследование картежей на предмет помещения их в результирующее отношение начинается с первого картежа отношения СТУДЕНТ (его значение временно присваивается переменной г), для г ищется соответствующий (по ID_Студ) картеж s в отношении УСПЕВАЕМОСТЬ. Если такой картеж найден, то он проверяется на удовлетворение условию. Если же и с этим все в порядке, то нужные атрибуты текущего картежа СТУДЕНТ'а помещаются в результирующее отношение, если же условие не удовлетворено, то поиск переходит к следующему картежу в Успеваемости, значение которого теперь пишется в s. Если просмотр всего отношения УСПЕВАЕМОСТЬ завершен и либо картеж s, соответствующий г, не найден, либо ни один из обнаруженных картежей не имеет номером курса К1, то картеж г в результирующее отношение не помещается.

Пример запроса к нескольким связанным отношениям.

Запрос. Кто сдавал высшую математику за 1 семестр?

Решение. {г.ID_Студ, г.СФам : г IN СТУДЕНТ AND EXISTS s IN УСПЕВАЕМОСТЬ (s.ID_Студ = г.ID_Студ AND s.Семестр = '1' AND EXISTS t IN КУРС (t.ID_Субж= s.ID_Субж AND t.Наименование = 'Высшая математика'))}.

Тета-соединение

Запрос. Идентифицировать студентов, чей консультант Андреева А.А.

Решение. {г.ID_Студ, г.СФам : г IN СТУДЕНТ AND EXISTS s IN СТУДЕНТ (s.ID_Студ = г.Консультант AND s.СФам = 'Андреева А.А.')}.

Внешнее соединение

Внешнее соединение выполняется в рамках квантора существования также естественно.

Запрос. Присоединить информацию об успеваемости к информации о студентах.

Решение. {r.ID_Stud, r.CФам, r.CАдрес, r.Консультант, s.ID_Subj, s.Семестр, s.Оценка : r IN СТУДЕНТ OR EXISTS s IN УСПЕВАЕМОСТЬ (s.ID_Stud = r.ID_Stud)}.

Квантор всеобщности. Деление

Второй тип квантора – квантор всеобщности введен для построения запросов, требующих операции деления отношений.

Квантор всеобщности (FORALL) – выражение РИ, обозначающее, что некоторое условие применимо к каждому картежу определенного типа.

Запрос. Перечислить идентификационные номера студентов, которые сдали все предметы хотя бы за один семестр.

Решение. Построение запроса выполним поэтапно.

⇒ Поскольку требуются идентификационные номера студентов, то необходимо искать записи в отношении СТУДЕНТ. Поэтому целевой список должен содержать атрибут ID_Stud из этого отношения, а определяющее выражение оператор принадлежности IN картежей к Студент, например, так:

{r.ID_Stud : r IN СТУДЕНТ ...}.

⇒ Так как нас интересуют студенты, сдававшие хотя бы один раз КАЖДЫЙ курс, то к отношению КУРС следует применить квантор всеобщности:

{r.ID_Stud : r IN СТУДЕНТ AND FORALL s IN КУРС (...)}.

⇒ И наконец, так как нас интересуют СТУДЕНТЫ, которые СДАВАЛИ каждый курс, то соответствующие картежи должны существовать в отношении УСПЕВАЕМОСТЬ:

{r.ID_Stud : r IN СТУДЕНТ AND FORALL s IN КУРС (EXISTS t IN УСПЕВАЕМОСТЬ (t.ID_Subj = s.ID_Subj AND t.ID_Stud = r.ID_Stud))}.

Эквивалентность РА и РИ

На самом деле, вводя понятия РИ, мы одновременно показывали его аналогичность РА. Для наглядной иллюстрации эквивалентности подходов сведем все операции в таблицу (см. табл. 1).

Таблица 1

Операция	Описание	Синтаксис РА	Синтаксис РИ
Проекция	На входе – одно отношение T1. Выбор из отношения отдельных атрибутов	[T1.поле1, T2.поле2, ...]	{r.поле1, r.поле2, ... : r IN T1}
Выборка	На входе – одно отношение T1. Выбор из отношения отдельных картежей, удовлетворяющих условию выбора	SELECT (T1 : [условие выбора])	{r.поле1, r.поле2, ... : r IN T1 AND [условие выбора]}

Операция	Описание	Синтаксис РА	Синтаксис РИ
Объединение	На входе – два объединительно-совместимых отношения T1 и T2. Включение в результирующее отношение (РО) всех картежей, которые входят ХОТЯ БЫ В ОДНО отношение	T1 U T2	{r.поле1, r.поле2, ... : r IN T1 OR r IN T2}
Пересечение	На входе – два объединительно-совместимых отношения T1 и T2. Включение в РО всех картежей, которые входят В ОБА отношения ОДНОВРЕМЕННО	T1 ^ T2	{r.поле1, r.поле2, ... : r IN T1 AND r IN T2}
Разность	На входе – два объединительно-совместимых отношения T1 и T2. Включение в РО всех картежей, которые входят в T1 и не входят в T2	T1-T2	{r.поле1, r.поле2, ... : r IN T1 AND r NOT IN T2}
Произведение	На входе – два отношения T1 и T2. РО состоит из ВСЕХ картежей T1, к КАЖДОМУ из которых присоединены ВСЕ картежи из T2	T1 * T2	{r.поле1, r.поле2, ... , s.поле1, s.поле2, ... : r IN T1 AND s IN T2}
Соединение	На входе - два отношения T1 и T2, имеющих атрибуты связи T1.n1 и T2.n2. Возможно совпадение T1 и T2, но не полей связи. РО содержит соответствующие данные из обоих отношений	1. Естественное С.: JOIN (T1, T2). 2. Тета-С.: JOIN (T1, T2 : T1.n1 <оператор сравнения> T2.n2). 3. Внешнее С.: OUTERJOIN (T1, T2).	1,2 {r.n3 : r IN T1 AND EXISTS s IN T2 (s.n1 <оператор сравнения> s.n2) }. 3. {r.n3 : (r IN T1 AND EXISTS s IN T2 (s.n1 <оператор сравнения> s.n2)) OR (r IN T1 AND NOT EXISTS s IN T2 (s.n1 <оператор сравнения> s.n2))}.

Операция	Описание	Синтаксис РА	Синтаксис РИ
Деление	На входе – две отношения T1 и T2, причем атрибуты T2 должны составлять подмножество атрибутов T1. РО T1 / T2 содержит те картежи, которые входят в T1 с КАЖДЫМ картежом из T2	T1 / T2	{r.поле1 : r IN T1 AND FORALL s IN T2 (EXISTS t IN T1 (t.n1=s.n2) AND (r.n1=t.n1)) }

SQL – СТРУКТУРИРОВАННЫЙ ЯЗЫК ЗАПРОСОВ

В предыдущих параграфах рассматривались теоретические аспекты процесса обработки информации в РБД. Перейдем к обзору одной мощной и общепринятой реализации этого подхода – *Структурированного Языка Запросов (SQL)*.

SQL был разработан IBM в конце 1970-х гг. С тех пор в язык, конечно, вносились изменения и усовершенствования, однако его принципы остались прежними. Прежде всего, SQL – непроцедурный язык высокого уровня. Прикладная программа не сообщает Машине БД, как выполнить задачу, а формулирует, что должно содержаться в результатах (декларативный подход). Первый стандарт языка был принят в 1989 г. Все известные коммерческие продукты в настоящее время поддерживают, по крайней мере, этот стандарт. Однако уже в 1992 г. был принят новый стандарт SQL, в котором, в частности, были реализованы напрямую теоретико-множественные операции РА (до этого их можно было моделировать на основе аналогии РА с РИ, а РИ с SQL). Тем не менее, SQL остается непроцедурным языком. Третий стандарт SQL, направленный на сближение языка с объектно-ориентированным подходом, был принят в 1998 г. Различные производители БД вносят в синтаксис SQL небольшие изменения. Однако как правило, стандартный запрос SQL без труда переносится на различные платформы.

С помощью SQL можно не только обрабатывать информацию запросами, но и управлять данными (вставка, модификация, удаление записей, сортировка), а также осуществлять сопровождение БД (описание типов данных и структуры таблиц, удаление, изменение таблиц, индексирование, управление правами доступа к данным).

Имеются два SQL: **Интерактивный** и **Вложенный**. Большей частью обе формы работают одинаково, но используются различно.

Интерактивный SQL используется для функционирования непосредственно в базе данных. В этой форме SQL введенная вами команда сейчас же выполняется, и результат (если он существует) немедленно отображается.

Вложенный SQL состоит из команд языка, помещенных внутри программ, которые обычно написаны на некотором другом языке (типа C++,

Паскаля или же PHP, Perl и пр., часто СУБД предоставляет свое процедурное расширение – язык Transact SQL от MS SQL Server или PL/SQL от ORACL). Это делает программы более мощными и эффективными. Однако допуская другие языки, приходится иметь дело со структурой SQL и стилем управления данными, который требует некоторых расширений к интерактивному SQL.

В данном пособии речь пойдет об интерактивной форме SQL. Однако все, что вы узнаете относительно интерактивного SQL, применимо и к вложенной форме.

ТИПЫ ДАННЫХ

В РМД различают понятие базового типа данных и понятие домена. Однако большинство современных реализаций SQL не используют понятие домена напрямую. Полю приписывается только один из базовых типов. Правда, частичная реализации понятия домена во многих современных СУБД заложена возможностью определения ограничений и правил на значения данных в поле, но за семантической стороной вопроса по-прежнему следит пользователь СУБД, поскольку для операций сравнения СУБД всегда учитывает только базовый тип поля.

Более того, определение самих базовых типов данных является областью, в которой большинство коммерческих СУБД проявляют свою индивидуальность. Обычно допускается хранение символьных, числовых данных, битовых строк, специализированных числовых данных (таких, как “деньги”), а также специальных “темпоральных” данных (дата, время, временной интервал). Реальные названия типов и их определения сильно зависят от конкретной СУБД.

СОЗДАНИЕ ПРОСТЫХ ЗАПРОСОВ В SQL

Запрос – это вопрос, который прикладная программа задает БД и получает ответ в виде набора записей, отвечающих определенным критериям и содержащих информацию из выбранных полей. Запросы не предполагают длительного хранения получаемых данных. Ответные наборы данных (таблицы, не обязательно являющиеся отношениями), если не указано обратное, всегда являются динамическими структурами. Их также называют DYNASET.

За извлечение информации из БД отвечает оператор SELECT, который, помимо этого, способен выполнять еще массу функций. Его полный вид может быть описан следующим образом:

```
SELECT [ALL | DISTINCT] select_list
[INTO [new_table_name]]
[FROM <table_name | view_name>[(optimizer_hints)]
[[, <table_name2 | view_name2>[(optimizer_hints)]]
```

```
[..., <table_name16 | view_name16>[(optimizer_hints)]]
[WHERE clause]
[GROUP BY clause]
[HAVING clause]
[ORDER BY clause]
[COMPUTE clause]
```

Простой запрос SQL основан на трех ключевых словах оператора SELECT: SELECT (определяет список полей DYNASET'a), FROM (указывает таблицы-источники), WHERE (определяет условия отбора).

SELECT *

В своей простейшей форме SELECT предоставляет все данные из таблицы:

```
SELECT * FROM <ТАБЛИЦА>
```

Проекция

Выбор нескольких полей из таблицы осуществляется простым перечислением. Кроме того, DYNASET содержит поля в том порядке, в котором они указаны в списке, так что для перестановки полей таблицы местами (сортировка полей) достаточно указать в SELECT необходимый порядок следования.

```
SELECT <имя поля1>, <имя поля2>, ... FROM <ТАБЛИЦА>
```

Иногда между столбцами необходима вставка некоторой строки с фиксированным значением.

Запрос: Вывести фамилии студентов и их адреса, разделенные фразой “проживает по адресу”.

Решение:

```
SELECT СФам, 'проживает по адресу', САдрес FROM СТУДЕНТ.
```

Результат:

СФам	САдрес
Иванов И.И.	проживает по адресу A1
Иванов И.И.	проживает по адресу A2
Петрова П.П.	проживает по адресу A3
Андреева А.А.	проживает по адресу A4

Синтаксис:

```
SELECT column_name | 'string literal' [,column_name | 'string_literal'...]
FROM table_name
```

Имя любого столбца в DYNASET может не совпадать с именем соответствующего поля исходной таблицы.

Решение (2):

```
SELECT ФИО = СФам, 'проживает по адресу', Адрес = САдрес
FROM СТУДЕНТ.
```

Результат:

ФИО	Адрес
Иванов И.И.	проживает по адресу A1
Иванов И.И.	проживает по адресу A2
Петрова П.П.	проживает по адресу A3
Андреева А.А.	проживает по адресу A4

Синтаксис:

```
SELECT column_heading = column_name [,column_name...]FROM table_name
SELECT column_name column_heading [,column_name...]FROM table_name
```

Поскольку в результате операции вертикальной проекции может появиться набор записей, не являющийся отношением (содержащий одинаковые строки), то в SQL для устранения из результирующего набора повторяющихся строк используется ключевое слово DISTINCT:

Синтаксис:

```
SELECT {DISTINCT | ALL} <целевой список> FROM <ТАБЛИЦА>.
```

По умолчанию используется ключевое слово ALL.

Вычисляемые поля и вычисления

Оператор SELECT допускает использование в целевом списке вычисляемых полей.

Запрос: Предположим, что оценка, полученная студентом, должна быть переведена в баллы некоторого рейтинга – оценка*100. Вычислить балл, полученный студентом за каждый экзамен.

Решение:

```
SELECT ID_Студ, Оценка*100 FROM УСПЕВАЕМОСТЬ
```

Более того, если требуется вычислить значение какого-либо выражения, даже не связанного с БД, используется оператор SELECT:

Пример: SELECT exp(0)

возвращает значение 1.

Синтаксис любого арифметического оператора вполне традиционен, разница лишь в том, что в качестве операндов или параметров функций могут выступать имена столбцов. Различные реализации SQL снабжены большим количеством встроенных функций для работы с базовыми типами данных. Кратко упомянем часто встречающиеся возможности без конкретизации синтаксиса.

⇒ **Работа с числовыми данными:** взятие модуля, элементарные математические, тригонометрические функции, преобразование градусов в радианы и обратно, функции округления, взятия целой части и некоторые другие.

⇒ **Работа с символьными данными:** слияние строк, получение кода ASCII, возвращение позиции первого включения подстроки и некоторые другие функции, связанные с позиционированием символов в строке, перевод из нижнего регистра в верхний и наоборот и т.д.

⇒ **Работа с данными типа ДАТА:** возвращение текущей даты, увеличение любой части даты на заданное число, определение количества дней в заданном промежутке, возвращение символического аналога месяца, дня недели и некоторые другие.

⇒ **Системные функции:** возвращает имя таблицы или столбца, первый ненулевой элемент, ключ таблицы или БД, и многое другое.

Выборка

Для задания условия выборки в операторе SELECT используется ключевое слово WHERE.

Синтаксис:

```
SELECT <ЦЕЛЕВОЙ СПИСОК> FROM <ТАБЛИЦА>
WHERE <БУЛЕВО ВЫРАЖЕНИЕ>
```

При формировании условия на горизонтальную проекцию <БУЛЕВО ВЫРАЖЕНИЕ> строится из одного или более логических выражений, которые дают оценку TRUE или FALSE для каждой записи. В качестве операндов могут использоваться имена полей, константы или параметры. В качестве логических операторов SQL поддерживает следующие:

⇒ сравнения (=, <> (!=), >=, <=, !>, !<);

⇒ булевы ("AND", "OR", "NOT");

⇒ (NOT) LIKE – используется для поиска подстроки в строке;

⇒ (NOT) IN – определяет, находится ли значение в наборе данных;

⇒ (NOT) BETWEEN [начало_интервала] AND [конец_интервала] – используется для определения, попало ли значение в заданный диапазон;

⇒ IS (NOT) NULL – определяет наполненность поля (проверить присвоено ли полю значение можно только этим оператором).

Выражение LIKE допускает следующие шаблоны и регулярные выражения:

⇒ % (*) - любое количество символов, включая нулевое;

⇒ _ (?) – любой единичный символ;

⇒ [] – любой единичный символ из перечисленных в скобках (перечисление без пробелов и других разделителей, допустимо указание интервала, например, A-C = от A до C);

⇒ [^] – любой единичный символ из перечисленных в скобках не должен содержаться в строке (перечисление без пробелов и других разделителей, допустимо указание интервала).

Примеры использования LIKE:

LIKE 'N%'	любая строка, начинающаяся символом N;
LIKE '%A%'	любая строка, содержащая A;
LIKE '___tion'	любое слово из семи букв, оканчивающееся на tion;
LIKE '[cf]%'	любая строка, начинающаяся на с или f;

LIKE '[s-v]%'	любая строка, начинающаяся на буквы s, t, u, v, и оканчивающаяся на ing;
LIKE 'M[^f]%'	любая строка, начинающаяся на M, за которой не следует буква f.

Результат сравнения с полем, содержащим предикат NULL, обозначающий, что значение не определено, дает всегда FALSE. Например, если поле *Оценка* в некоторой записи имеет значение NULL, то результат любого из сравнений

Оценка < 5; Оценка > 5; Оценка = 5

будет ложным. Более того, запись

Оценка = NULL (Оценка != NULL)

не корректна. Сравнение с NULL происходит при помощи специального оператора IS (NOT IS).

Запрос: Вывести итоги сдачи экзаменов на оценку ниже, чем 4.

Решение: SELECT * FROM УСПЕВАЕМОСТЬ WHERE Оценка < 4

Запрос: Вывести результаты сданных экзаменов.

Решение:

SELECT * FROM УСПЕВАЕМОСТЬ WHERE Оценка BETWEEN 3 AND 5

Запрос: Вывести информацию о Иванове И.И. и Петровой П.П. (поскольку не уточняется номер Иванова И.И., то выведутся сведения обо всех, имеющих в БД Ивановых И.И.)

Решение:

```
SELECT * FROM СТУДЕНТ
WHERE СФам IN ('Иванов И.И.', 'Петрова П.П.')
```

Запрос: Вывести результаты экзаменов по курсам «базы данных» и «базы знаний».

Решение:

SELECT * FROM УСПЕВАЕМОСТЬ WHERE КУРС LIKE '%Баз%'

Запрос: Вывести информацию о студентах, не имеющих консультантов.

Решение: SELECT * FROM СТУДЕНТ WHERE Консультант IS NULL

Сортировка строк

Полученный DYNASET можно отсортировать по одному или нескольким ключам.

Синтаксис:

```
SELECT <целевой список> FROM <ТАБЛИЦА>
ORDER BY {<имя> | <номер столбца в целевом списке>} [ASC | DESC].
```

Параметр ASC обеспечивает сортировку по возрастанию, DESC – по убыванию. Допускается сортировка по нескольким ключам, которые указываются через запятую. Ключи сортировки должны входить в целевой список оператора SELECT.

ГРУППИРОВКА ДАННЫХ

При анализе данных часто возникает потребность подведения итогов, т.е. необходим отбор данных и выполнение арифметических и статистических операций для группы записей. Следует сразу подчеркнуть, что такая обработка информации, хотя и является привычной при экономических расчетах, формировании отчетов, получении статистической информации, в то же время не является естественной для операций над отношениями и выходит за рамки РА и РИ. SQL поддерживает следующие агрегатные (их также называют суммирующими или групповыми) функции:

⇒ `SUM([ALL | DISTINCT] expression)` вычисляет сумму поля в наборе записей;

⇒ `AVG([ALL | DISTINCT] expression)` вычисляет среднее значение поля в наборе записей;

⇒ `MIN(expression)` вычисляет минимальное значение поля в наборе записей;

⇒ `MAX(expression)` вычисляет максимальное значение поля в наборе записей;

⇒ `COUNT(*)` возвращает количество записей в наборе.

⇒ `COUNT([ALL | DISTINCT] expression)` возвращает количество значений `expression` в наборе. Ключ `DISTINCT` указывает на то, что учитываются только различные значения `expression`. Ключ `ALL` в отличие от `(*)` не подсчитывает записи со значением `expression NULL`.

Запрос: Подсчитать количество студентов, зарегистрированных в БД.

Решение: `SELECT COUNT(*) FROM СТУДЕНТ.`

Запрос: Подсчитать количество студентов, сдававших экзамены.

Решение:

`SELECT COUNT(DISTINCT ID_Stud) FROM УСПЕВАЕМОСТЬ.`

Запрос: Подсчитать количество студентов, сдававших курс К2 хотя бы один раз.

Решение:

`SELECT COUNT(DISTINCT ID_Stud) FROM УСПЕВАЕМОСТЬ`

`WHERE ID_Subj= 'K2'.`

Запрос: Подсчитать количество студентов, сдававших курс К2.

Решение:

`SELECT COUNT(ALL ID_Stud) FROM УСПЕВАЕМОСТЬ WHERE ID_Subj='K2'.`

Запрос: Подсчитать количество студентов, имеющих консультантов.

Решение: `SELECT COUNT(ALL Консультант) FROM СТУДЕНТ.`

Приведенные выше запросы содержат итоги по всем данным, удовлетворяющим условию в `WHERE`. Однако часто агрегатные функции следует использовать для подведения итогов для каждой группы записей, предварительно разбитых некоторым образом.

В группу собираются записи по одинаковому значению некоторого поля (нескольких полей). Для этих целей существует инструкция SQL “группировать” – `GROUP BY`. При этом можно пользоваться и инструкцией `WHERE`.

Запрос: Подсчитать средний балл каждого студента за первые три семестра.

Решение:

```
SELECT ID_Stud, AVG(Оценка) FROM УСПЕВАЕМОСТЬ
WHERE Семестр >= 1 AND Семестр <= 3
GROUP BY ID_Stud.
```

Дополнительно SQL допускает отбор значений (выборку) в уже полученных группах. Для этого используется конструкция `HAVING`, которая аналогична `WHERE` для отбора по значениям агрегатных функций.

Запрос: Вывести идентификационные номера и средний балл студентов, средний балл которых больше 4,5.

Решение:

```
SELECT ID_Stud, AVG(Оценка) FROM УСПЕВАЕМОСТЬ
GROUP BY ID_Stud
HAVING AVG(Оценка)>4,5.
```

Запрос: Отобразить предметы, по которым количество неуспевающих студентов больше десяти.

Решение:

```
SELECT ID_Subj, COUNT(ID_Stud) FROM УСПЕВАЕМОСТЬ
WHERE Оценка =2
GROUP BY ID_Subj
HAVING COUNT(ID_Stud)>10.
```

Общий **синтаксис** оператора `SELECT` с группировкой выглядит следующим образом.

```
SELECT {column_name | aggregate_expression
      [, column_name | aggregate_expression]...}
FROM table_name
[WHERE seach_conditions1 ]
GROUP BY [ALL] {aggregate_free_expression
              [, aggregate_free_expression]...}
HAVING seach_conditions2
```

Существует ряд правил, которые следует соблюдать при использовании группировок и агрегатных функций.

⇒ если в “целевом списке” содержатся неагрегатные выражения (имена полей, неагрегатные вычисляемые поля и т.д.), то по ним должна проводиться группировка, т.е. они должны быть в обязательном порядке упомянуты в `GROUP BY`.

⇒ Поскольку инструкция HAVING выполняется после формирования итогов, то условие в HAVING, наоборот, должно содержать ограничения на столбцы только с агрегатными функциями.

⇒ Инструкция HAVING никогда не употребляется без GROUP BY.

⇒ Группировка может происходить по вычисляемым полям, т.е. инструкция GROUP BY может содержать вычисляемые поля.

⇒ GROUP BY ALL игнорирует инструкцию WHERE

МНОГОТАБЛИЧНЫЕ ЗАПРОСЫ

Соединение данных из разных таблиц в одну – одна из важнейших возможностей SQL. Любое соединение можно выполнить несколькими способами: включением условия соединения в инструкцию WHERE, с помощью оператора JOIN в инструкции FROM, созданием коррелированных запросов. Ниже одни и те же запросы на соединение описаны различными операторами SELECT. Поэтому сами запросы имеют уникальные номера, а различные решения одного и того же запроса пронумерованы.

Естественное соединение

Так как в нормализованной БД необходимая информация часто хранится в различных таблицах, то операция натурального соединения является одной из часто используемых. Синтаксис оператора SELECT легко позволяет выполнить эту операцию. При использовании более чем одной таблицы перед именем поля через точку указывается имя соответствующей таблицы, а после FROM – список необходимых таблиц. Поля связи указываются в операторе WHERE как условие совпадения.

Запрос: Указать Ф.И.О. студентов и названия дисциплин, по которым они сдавали экзамены и оценки, полученные студентами.

Решение:

```
SELECT ФИО=СФам, Дисциплина=Наименование, Оценка
FROM СТУДЕНТ, УСПЕВАЕМОСТЬ, КУРС
WHERE СТУДЕНТ.ID_Студ=УСПЕВАЕМОСТЬ.ID_Студ
AND УСПЕВАЕМОСТЬ.ID_Subj=КУРС.ID_Subj
```

В стандарт SQL-92 добавлен также оператор NATURAL JOIN – аналог соединения в РА. Он записывается как соединение двух результирующих множеств операторов SELECT. Инструкции FROM этих операторов должны содержать не более одной таблицы, причем они должны быть связаны в схеме данных. Например, предыдущий запрос в этом случае может быть записан следующим образом:

Решение (2):

```
SELECT ФИО=СФам FROM СТУДЕНТ
NATURAL JOIN
SELECT Оценка FROM УСПЕВАЕМОСТЬ
```

```
NATURAL JOIN
SELECT Дисциплина=Наименование FROM КУРС
```

Тета-соединение

При соединении таблицы самой с собой используются **псевдонимы** таблицы. Псевдоним указывается в инструкции FROM после имени таблицы через пробел или служебное слово AS.

Запрос 1: Указать студентов, которые сдавали экзамены и по курсу «Базы данных» и по курсу «Высшая математика».

Решение:

```
SELECT DISTINCT №Студента = СТУДЕНТ.ID_Студ, ФИО = СФам
FROM СТУДЕНТ, УСПЕВАЕМОСТЬ AS Y1,
УСПЕВАЕМОСТЬ AS Y2, КУРС AS K1, КУРС AS K2
WHERE №Студента=Y1.ID_Студ AND Y2.ID_Студ=Y1.ID_Студ
AND K1.ID_Subj=Y1.ID_Subj AND K2.ID_Subj=Y2.ID_Subj
AND K1.Наименование LIKE '*Б*Д*'
AND K2.Наименование LIKE '*В*М*'
```

Запрос 2: Определить студентов, которые сдали экзамены не хуже своих консультантов.

Решение:

```
SELECT DISTINCT №Студента=СТУДЕНТ.ID_Студ, ФИО=СФам,
Дисциплина=Наименование, ОценкаСт=Y1.Оценка,
ОценкаКонс=Y2.Оценка
FROM СТУДЕНТ, УСПЕВАЕМОСТЬ AS Y1, УСПЕВАЕМОСТЬ AS Y2
WHERE №Студента=Y1.ID_Студ AND Консультант=Y2.ID_Студ
AND Y1.Оценка >= Y2.Оценка AND Y1.ID_Subj=Y2.ID_Subj
AND Y1.Семестр=Y2.Семестр
```

Для реализации тета-соединений в SQL-92 добавлены инструкции
A JOIN B USING k,l

что эквивалентно соединению по условию равенства указанных столбцов
WHERE A.k=B.k AND A.l=B.l

и

A JOIN B ON <условие соединения>

Внешнее соединение

Внешнее соединение реализуется в стандарте SQL-89 операторами сравнения в инструкции WHERE вида

*= включение всех записей из первой таблицы;

=* включение всех записей из второй таблицы;

Запрос 3: Вывести список студентов, предметов, которые они сдавали и полученных оценок. Список должен включать и информацию о студентах, еще не сдававших экзамены.

Решение:

```
SELECT №Студента=СТУДЕНТ.ID_Stud, ФИО=СФам,
       Дисциплина=Наименование, Семестр, Оценка
FROM СТУДЕНТ, УСПЕВАЕМОСТЬ, КУРС
WHERE №Студента *= УСПЕВАЕМОСТЬ.ID_Stud
AND КУРС.ID_Subj=УСПЕВАЕМОСТЬ.ID_Subj
```

В SQL-92 добавлен оператор **LEFT (RIGHT) JOIN**, реализующий внешнее соединение.

Использование оператора JOIN в инструкции FROM

Кроме инструкции WHERE, для непосредственного задания условий соединения вместо операторов NATURAL JOIN, JOIN USING и JOIN ON в MS Access используются операторы **INNER JOIN ... ON** – для естественно-го и тета-соединений и **OUTER JOIN ... ON** – для внешнего.

Реализация любого соединения по условию равенства столбцов может быть выполнена за счет указания операторов соединения в инструкции FROM. Этот синтаксис в какой-то мере подобен QBE-формам, в которых аналогом инструкции FROM служит схема запроса, реализующая как внешние (связи схемы БД), так и внутренние по отношению к запросу связи. Тогда запросы 1-3 могут быть записаны в следующей форме.

Запрос 1: Указать студентов, которые сдавали экзамены и по курсу «Базы данных» и по курсу «Высшая математика».

Решение (2) в MS ACCESS:

```
SELECT Студент.ID_Stud AS [#Студента], Студент.СФам AS ФИО
FROM Курс AS Курс_1 INNER JOIN
     (Успеваемость AS Успеваемость_1 INNER JOIN
      (Студент INNER JOIN
       (Курс INNER JOIN Успеваемость
        ON Курс.ID_Subj= Успеваемость.ID_Subj)
       ON Студент.ID_Stud = Успеваемость.ID_Stud)
      ON Успеваемость_1.ID_Stud = Успеваемость.ID_Stud)
     ON Курс_1.ID_Subj= Успеваемость_1.ID_Subj
WHERE ((Курс.Наименование LIKE "*Б*Д*") AND
       (Курс_1.Наименование LIKE "*В*М*"));
```

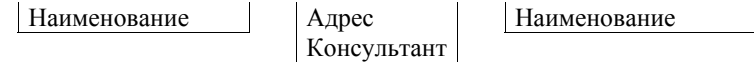
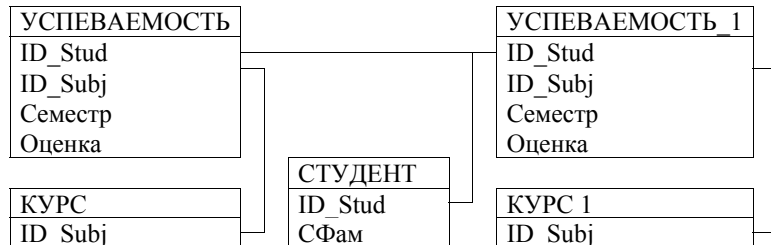


Рис. 3. Схема запроса 1

Запрос 2: Определить студентов, которые сдали экзамены не хуже своих консультантов.

Решение (2) в MS ACCESS:

```
SELECT Студент.ID_Stud AS [#Ст], Студент.СФам AS ФИО,
       Курс.Наименование,
       Успеваемость_1.Оценка AS Оценка_Консультанта,
       Успеваемость.Оценка AS Оценка_Студента
FROM Курс INNER JOIN (Студент INNER JOIN
     (Успеваемость INNER JOIN Успеваемость_1 AS Успеваемость_1
      ON (Успеваемость.ID_Subj= Успеваемость_1.ID_Subj)
      AND (Успеваемость.Семестр = Успеваемость_1.Семестр))
     ON (Студент.Консультант = Успеваемость_1.ID_Stud)
     AND (Студент.ID_Stud = Успеваемость.ID_Stud))
     ON Курс.ID_Subj= Успеваемость.ID_Subj
WHERE Успеваемость_1.Оценка <= Успеваемость.Оценка
```

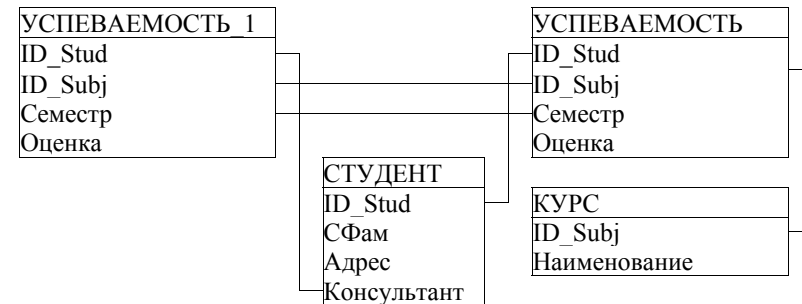


Рис. 4. Схема запроса 2

Запрос 3: Вывести список студентов, предметов, которые они сдавали, и полученных оценок. Список должен включать и информацию о студентах, еще не сдававших экзамены.

Решение (2) в MS ACCESS:

```
SELECT Студент.ID_Stud AS [#Студента], Студент.СФам AS ФИО,
       Успеваемость.ID_Subj, Успеваемость.Семестр,
       Успеваемость.Оценка
FROM Студент LEFT JOIN Успеваемость
     ON Студент.ID_Stud = Успеваемость.ID_Stud
```

Замечание. Поскольку операторы JOIN, используемые в инструкции FROM, вкладываются друг в друга, то синтаксис не допускает использования двух разных соединений в одном запросе. В примере невозможно узнать на-

именования курсов, так как для этого надо использовать наряду с LEFT JOIN соединение INNER JOIN.

ОПЕРАЦИИ РЕЛЯЦИОННОЙ АЛГЕБРЫ В SQL-92

Кратко обсудим реализацию теоретико-множественных операций РА в SQL-92.

Объединение

```
SELECT clause UNION [ALL] SELECT clause
SELECT <целевой список>
FROM (table_name1 UNION [ALL] table_name2)
```

Пересечение

```
SELECT clause INTERSECT [ALL] SELECT clause
SELECT <целевой список>
FROM (table_name1 INTERSECT [ALL] table_name2)
```

Разность

```
SELECT clause EXCEPT [ALL] SELECT clause
SELECT <целевой список>
FROM (table_name1 EXCEPT [ALL] table_name2)
```

Все перечисленные выше теоретико-множественные операции предполагают, что операндами являются объединительно-совместимые таблицы. Однако стандарт SQL-92 допускает выполнение этих операций “в слабом смысле”, то есть когда пересечение, объединение или разность выполняется над таблицами, у которых совпадает только часть столбцов. В этом случае говорят о слабой объединительной совместимости, а к названию операции добавляют CORRESPONDING BY (*column_name1* [, *column_name2*, ...]).

Запрос: Кто из студентов получил оценку «отлично» по курсу «высшая математика»?

Решение:

```
(SELECT * FROM СТУДЕНТ)
INTERSECT CORRESPONDENT BY (ID_Stud)
(SELECT * FROM УСПЕВАЕМОСТЬ WHERE Оценка=5)
INTERSECT CORRESPONDENT BY (ID_Subj)
(SELECT * FROM УСПЕВАЕМОСТЬ WHERE Наименование LIKE '*В*М*')
```

ПОДЗАПРОСЫ В SQL

Вставка запроса внутрь некоторых инструкций SQL допускается стандартом. Однако не все коммерческие реализации поддерживают такой синтаксис полностью. Поэтому употребление подзапросов должно быть оправдано. Большинство включений подзапросов может быть продублировано возможностями соединений, однако в некоторых случаях без ПЗ не обойтись.

Способы включения подзапроса в запрос

⇒ **В целевой список оператора SELECT.** В этом случае создается новое поле, значение которого одинаково для всех картежей. Результатом запроса должно служить одно значение.

⇒ **В инструкцию WHERE.** Существует несколько способов встраивания подзапроса в инструкцию WHERE.

1. В операторе сравнения. Результатом такого встроенного подзапроса должно быть одно значение, с которым и происходит сравнение. Следует помнить, что подзапрос должен указываться вторым операндом операции сравнения.

2. С оператором [NOT] IN (SubQuery). В этом случае результатом подзапроса может быть колонка значений, которая и будет выступать тем множеством значений, вхождение в которое проверяется с помощью IN.

3. С предикатом [NOT] EXIST (SubQuery). В этом случае результат подзапроса – множество картежей, если это множество не пусто, то значение предиката EXISTS становится TRUE, а предиката NOT EXISTS – FALSE, и наоборот, если результат подзапроса – пустое множество.

Особенности синтаксиса включения подзапроса

- Целевой список подзапроса – одно поле или одно выражение. Исключения составляют подзапросы с EXISTS, которые допускают еще и синтаксис SELECT *.
- Подзапрос всегда оформляется в круглых скобках.
- Подзапрос, возвращающий одно значение, можно использовать в любом месте, где допустимо использование вычисляемого выражения.
- Подзапросы допускают группировки и групповые операции.
- В подзапрос НЕЛЬЗЯ включать инструкции ORDER BY, INTO, COMPUTE [BY]

Подзапрос в целевом списке

Запрос: Вывести сведения об успеваемости студентов, добавив рядом с оценкой показатель относительной успешности, вычисляемый по формуле $K1 = \text{Оценка} / \text{AVG}(\text{Оценка})\%$.

Решение:

```
SELECT ФИО=СФам, Дисциплина=Наименование, Семестр, Оценка,
СредняяОценка = (SELECT AVG(Оценка) FROM УСПЕВАЕМОСТЬ),
K1 = (CONVERT(float, Оценка)/(SELECT AVG(Оценка) FROM
УСПЕВАЕМОСТЬ))*100, '%'
FROM СТУДЕНТ, УСПЕВАЕМОСТЬ, КУРС
WHERE ФИО=УСПЕВАЕМОСТЬ.ID_Stud AND
УСПЕВАЕМОСТЬ.ID_Subj=КУРС.ID_Subj
```

Подзапросы в инструкции WHERE. Некоррелированный подзапрос

DEF. Подзапрос, значение которого не зависит от какого-либо внешнего запроса, называется *некоррелированным*.

Некоррелированные подзапросы часто реализуют соединения. Выполнение таких запросов происходит изнутри наружу.

Запрос: Перечислить фамилии студентов, сдававших курс К1 в первом семестре.

Решение:

```
SELECT СТУДЕНТ.ID_Stud, ФИО=СФам
FROM СТУДЕНТ, УСПЕВАЕМОСТЬ
WHERE СТУДЕНТ.ID_Stud IN
  (SELECT ID_Stud FROM УСПЕВАЕМОСТЬ
   WHERE ID_Subj='К1' AND Семестр=1)
```

В этом случае выполнение внутреннего запроса никак не зависит от внешнего.

Следующий пример демонстрирует использование групповых операций в подзапросе.

Запрос: Вывести список студентов, у которых хотя бы по одному предмету оценка выше средней оценки по всему списку.

Решение:

```
SELECT СТУДЕНТ.ID_Stud, ФИО=СФам
FROM СТУДЕНТ, УСПЕВАЕМОСТЬ
WHERE СТУДЕНТ.ID_Stud=УСПЕВАЕМОСТЬ.ID_Stud AND
  Оценка > (SELECT AVG(Оценка) FROM УСПЕВАЕМОСТЬ)
```

Интересно, что и тета-соединения можно реализовать как некоррелированные запросы.

Запрос: Перечислить номера студентов, которые сдали хотя бы один курс, который сдал студент с номером 004.

Решение:

```
SELECT ID_Stud FROM УСПЕВАЕМОСТЬ
WHERE ID_Subj IN
  (SELECT ID_Subj FROM УСПЕВАЕМОСТЬ WHERE ID_Stud='004')
```

Запрос: Вывести номера курсов, по которым сдавал экзамен более чем один студент.

Решение:

```
SELECT DISTINCT Y1.ID_Subj FROM УСПЕВАЕМОСТЬ AS Y1
WHERE ID_Subj IN
  (SELECT Y2.ID_Subj FROM УСПЕВАЕМОСТЬ AS Y2
   WHERE Y1.ID_Stud <> Y2.ID_Stud)
```

Практически все некоррелированные запросы могут быть сформулированы без использования подзапроса. Например, последний запрос может быть записан следующим образом.

Решение(2):

```
SELECT DISTINCT ID_Subj FROM УСПЕВАЕМОСТЬ
GROUP BY ID_Subj
HAVING COUNT(DISTINCT УСПЕВАЕМОСТЬ.ID_Stud) > 1
```

Коррелированные подзапросы

В предложениях FROM или WHERE внешнего запроса возможно обращение к внутреннему подзапросу. Такие запросы принято называть *коррелированными*.

В коррелированном запросе подзапрос выполняется неоднократно, по одному разу для каждой строки таблицы основного запроса.

Пример использования оператора сравнения совместно с коррелированным подзапросом.

Запрос 2: Определить Ф.И.О. студентов, которые сдали экзамены не хуже своих консультантов.

Решение (3):

```
SELECT DISTINCT №Студента=СТУДЕНТ.ID_Stud, ФИО=СФам,
FROM СТУДЕНТ, УСПЕВАЕМОСТЬ AS Y1
WHERE №Студента=Y1.ID_Stud AND Y1.Оценка >=
  (SELECT Y2.Оценка FROM УСПЕВАЕМОСТЬ AS Y2
   WHERE Y2.ID_Stud=Консультант AND
   Y1.Семестр=Y2.Семестр)
```

Решение (4):

```
SELECT DISTINCT №Студента=СТУДЕНТ.ID_Stud, ФИО=СФам,
FROM СТУДЕНТ
WHERE №Студента IN
  (SELECT Y1.ID_Stud FROM УСПЕВАЕМОСТЬ AS Y1
   WHERE Y1.Оценка >=
   (SELECT Y2.Оценка
    FROM УСПЕВАЕМОСТЬ AS Y2
    WHERE Y2.ID_Stud=Консультант AND
    Y1.Семестр=Y2.Семестр))
```

Обратите внимание, что в последнем запросе самый вложенный подзапрос использует ссылку на поле самого внешнего подзапроса.

Следующий пример демонстрирует использование групповых операций в коррелированных ПЗ.

Запрос: У кого из студентов оценка хотя бы по одному предмету выше средней оценки по этому предмету.

Решение:

```
SELECT Y1.ID_Stud FROM УСПЕВАЕМОСТЬ AS Y1
WHERE Y1.Оценка > (SELECT AVG(Y2.Оценка)
FROM УСПЕВАЕМОСТЬ AS Y2
WHERE Y1.ID_Subj= Y2.ID_Subj)
```

Квантор существования в подзапросах

В реляционном исчислении квантор существования был введен для операции соединения. Как мы уже убедились, SQL позволяет производить соединения таблиц несколькими более удобными способами. Однако есть ряд запросов, в которых использование квантора всеобщности кажется естественным. Эти запросы обычно содержат отрицания. Большинство из них имеет эквивалентное решение с помощью оператора IN. Рассмотрим следующий запрос.

Запрос 4: Определить номера студентов, которые не сдавали курс К3.

Решение – НЕ РЕШЕНИЕ:

```
SELECT DISTINCT ID_Stud
FROM УСПЕВАЕМОСТЬ
WHERE ID_Subj <> 'К3'
```

Нетрудно понять, что результатом этого запроса будут все студенты, сдававшие любые курсы наряду с курсом К3. Более того, в ответ не войдет Петров П.П., который вообще ничего не сдавал, следовательно, удовлетворяет условию задачи.

Переформулируем запрос.

Запрос 4-1: Определить номера студентов, для которых НЕ СУЩЕСТВУЕТ записи в таблице УСПЕВАЕМОСТЬ о сдаче курса К3.

Такая формулировка естественным образом вводит квантор существования [NOT] EXIST (SubQuery). В этом случае результат подзапроса (SubQuery) – множество картежей. Если это множество не пусто, то значение предиката EXISTS становится TRUE, а предиката NOT EXISTS – FALSE, и наоборот, если результат подзапроса – пустое множество.

Решение:

```
SELECT CT1.ID_Stud FROM СТУДЕНТ AS CT1
WHERE NOT EXISTS (SELECT * FROM УСПЕВАЕМОСТЬ AS Y1
WHERE CT1.ID_Stud=Y1.ID_Stud
AND ID_Subj='К3')
```

Поскольку нас интересует только, содержит ли подзапрос записи или нет, то в целевом списке оператора SELECT подзапроса указана «*», а не имена конкретных полей. Таким образом, для каждого студента из таблицы СТУДЕНТ просматривается таблица УСПЕВАЕМОСТЬ и определяется, встречается ли ID_Stud этого студента совместно со значением поля ID_Subj равным курсу 'К3'. Если такой записи в таблице УСПЕВАЕМОСТЬ нет, то ID_Stud вносится в результирующую таблицу. Таким образом, надо выполнить просмотр таблицы УСПЕВАЕМОСТЬ столько раз, сколько зарегистрировано студентов в таблице СТУДЕНТ. Очень затратное решение. Ответ на запрос можно получить и более оптимальным способом с помощью некоррелированного подзапроса. Вычислим множество ID_Stud студентов, сдававших курс 'К3'. Для каждого студента из таблицы СТУДЕНТ выясним, принадлежит ли его ID_Stud этому множеству.

Решение (2):

```
SELECT ID_Stud FROM СТУДЕНТ
WHERE ID_Stud NOT IN (SELECT ID_Stud
FROM УСПЕВАЕМОСТЬ
WHERE ID_Subj='К3')
```

Однако существуют запросы, которые могут быть выполнены ТОЛЬКО с помощью квантора существования. Как ни странно, это запросы на деление (или квантор всеобщности!). Дело в том, что в первых реализациях SQL и даже стандарте SQL-89 не предусматривалось квантора всеобщности FORALL и запрос на квантор всеобщности «выполнено для всех (FOR ALL) P(a)» заменялся согласно правилам логики квантором существования и двумя отрицаниями – «не существует (NOT EXISTS) не P(a)». Проиллюстрируем сказанное на следующем примере.

Запрос 5: Перечислить Ф.И.О. таких студентов, которые сдали все экзамены.

Переформулируем вопрос с квантором всеобщности в более строгой форме.

Запрос 5-1: Перечислить студентов таких, что для ВСЕХ дисциплин из таблицы КУРС существуют соответствующие записи в таблице УСПЕВАЕМОСТЬ с данным студентом.

Переформулируем вопрос с квантором существования.

Запрос 5-2: Перечислить Ф.И.О. таких студентов, что НЕ СУЩЕСТВУЕТ дисциплины в таблице КУРС, для которой НЕ существует соответствующей записи в таблице УСПЕВАЕМОСТЬ с данным студентом.

Решение:

```
SELECT ID_Stud, СФам FROM СТУДЕНТ AS CT
WHERE NOT EXISTS (SELECT ID_Subj FROM КУРС
WHERE NOT EXISTS (SELECT *
FROM УСПЕВАЕМОСТЬ AS Y
WHERE Y.ID_Subj=КУРС.ID_Subj
AND Y.ID_Stud=CT.ID_Stud))
```

Операторы ALL, ANY, SOME

Квантора существования (NOT) EXISTS и оператора (NOT) IN достаточно для создания любых сложных запросов. Стандарт SQL-89 ограничивался только этими возможностями. Однако, как известно, нет предела совершенству. Коммерческие реализации языка стремились сделать SQL более похожим на английский и, следовательно, доступным для неспециалистов. Так появились операторы, реализующие такие сложные конструкции человеческого языка как все (ALL), любой (ANY), некоторый (SOME). Позже они были закреплены стандартом. Надо отметить, что их применение только запутывает даже специалистов, поскольку подразумевает множество нюансов

использования, а значительное отличие логики от разговорной речи может вообще привести к неправильно составленному запросу.

В отличие от квантора (NOT) EXISTS синтаксис операторов ALL, ANY, SOME предполагает наличие одного из операторов сравнения (=, !=, >, >=, <, <=). Операторы ANY и SOME взаимозаменяемы, и употребление какого-либо из них лишь дело вкуса программиста.

С помощью ALL (SubQuery), предикат является верным, если *каждое* значение, выбранное подзапросом, удовлетворяет условию в предикате внешнего запроса. Оператор ALL используется в основном с неравенствами, поскольку « = ALL (SubQuery) » имеет смысл, только если результатом запроса является одно значение или колонка совпадающих значений.

Запрос: Определить Ф.И.О. студентов, сдавших экзамены по наибольшему количеству предметов.

Решение:

```
SELECT ID_Stud, СФам FROM СТУДЕНТ AS CT
WHERE ID_Stud IN (SELECT Y1.ID_Stud, Y1.ID_Subj, COUNT(*)
FROM УСПЕВАЕМОСТЬ AS Y1
WHERE CT.ID_Stud = Y1.ID_Stud
GROUP BY Y1.ID_Stud, Y1.ID_Subj
HAVING COUNT(*) > ALL (SELECT COUNT(*)
FROM УСПЕВАЕМОСТЬ AS Y2
WHERE CT.ID_ID_Stud != Y2.ID_Stud
GROUP BY Y2.ID_Stud, Y2.ID_Subj))
```

Этот запрос можно записать более оптимально и естественно с помощью функции MAX. Здесь он приведен только для иллюстрации использования оператора ALL.

При употреблении операторов ALL, ANY (SOME) необходимо учитывать следующие правила.

⇒ Любой запрос, который может быть сформулирован с ALL, ANY (SOME), может быть сформулирован с помощью квантора всеобщности EXIST. Обратное – не верно.

⇒ « < ANY (SubQuery) » – значение *меньшее, чем наибольшее выбранное в (SubQuery) значение*, а « > ANY (SubQuery) » – значение *большее, чем наименьшее выбранное в (SubQuery) значение*.

⇒ « != ALL (SubQuery) » следует понимать как «не равно любому результату подзапроса».

⇒ Если подзапрос возвращает пустое множество строк, то выражение «ALL (SubQuery)» является истинным, а «ANY (SubQuery)» – ложным.

ОПЕРАТОРЫ МОДИФИКАЦИИ ДАННЫХ

Вставка данных

Общий синтаксис оператора вставки следующий.

Синтаксис:

```
INSERT INTO <имя_таблицы | имя_представления>
[( <имя_поля> {, <имя_поля2> } ...)]
{VALUES <список_значений> | <подзапрос>}
```

В своем простейшем виде оператор INSERT позволяет вставлять в таблицу новые строки путем непосредственного задания значений каждого поля. Если при этом заполняются все поля таблицы, то имена полей можно не указывать, а порядок вводимых значений должен соответствовать порядку полей, использованному при описании структуры таблицы. Если же какое-то значение вводить не надо, то на его место следует поставить NULL. Чтобы присвоить значения не всем полям строки или изменить порядок ввода значений, следует явно задавать список полей после имени таблицы. Значения в VALUES не могут быть вычисляемыми выражениями.

Запрос: Добавить в таблицу УСПЕВАЕМОСТЬ результаты экзамена по физике (ID_Subj = 'K3') для студентов с ID_Stud '003' и '002'.

Решение:

```
INSERT INTO УСПЕВАЕМОСТЬ
VALUES ('003', 'K3', 3, 4, '002', 'K3', 3, 4)
```

Другая возможность оператора INSERT – это вставка данных на основе запроса. Для этого вместо VALUES следует указать подзапрос, который и сформирует вводимые строки. Однако предложение FROM этого подзапроса *не должно содержать ссылок на таблицу, в которую вставляют строки*, то есть нельзя использовать коррелированные подзапросы.

Запрос: Перенести все сведения об отличниках в отдельную таблицу ОТЛИЧНИК.

Решение:

```
INSERT INTO ОТЛИЧНИК
(S_Num, ФИО, Дисциплина, Num_Sem, Балл)
SELECT ID_Stud, СФам, Наименование, Семестр, Оценка
FROM СТУДЕНТ, УСПЕВАЕМОСТЬ, КУРС
WHERE СТУДЕНТ.ID_Stud = УСПЕВАЕМОСТЬ.ID_Stud
AND КУРС.ID_Subj = УСПЕВАЕМОСТЬ.ID_Subj AND
NOT EXISTS
(SELECT * FROM УСПЕВАЕМОСТЬ AS Y1
WHERE СТУДЕНТ.ID_Stud=Y1.ID_Stud AND
Оценка<>5)
```

Замечание: Таблица ОТЛИЧНИК должна существовать в базе данных (т.е. описана оператором CREATE TABLE). Типы полей S_Num, ФИО, Дисциплина, Num_Sem, Балл должны совпадать с типами соответствующих полей ID_Stud, СФам, Наименование, Семестр, Оценка из таблиц СТУДЕНТ, УСПЕВАЕМОСТЬ, КУРС.

Замечание: Таблицы ОТЛИЧНИК и СТУДЕНТ, УСПЕВАЕМОСТЬ, КУРС никак не связаны между собой, если в дальнейшем, отличник получит двойку или сменит фамилию, то изменения, внесенные в последние три таб-

лицы, не затронут таблицу ОТЛИЧНИК. Если вы хотите, чтобы в таблице ОТЛИЧНИК поддерживался список отличников, следует использовать возможности представления.

Замечание: При соблюдении условий первого замечания допускается использование группировок в запросах оператора INSERT.

Удаление строк из таблицы

Общий синтаксис оператора удаления строк следующий.

Синтаксис:

```
DELETE FROM <имя_таблицы>
      [WHERE clause]
```

Если условие не указано, то из таблицы удаляются все строки, но сама таблица остается. В условии отбора стандартом SQL-92 допускается вставка подзапросов.

Запрос: Удалить из таблицы СТУДЕНТ информацию о студентах, получивших более двух оценок «два».

Решение:

```
DELETE FROM СТУДЕНТ
      WHERE 2 < (SELECT Count(*) FROM УСПЕВАЕМОСТЬ
      WHERE СТУДЕНТ.ID_Stud = УСПЕВАЕМОСТЬ.ID_Stud
      AND Оценка=2))
```

Замечание: В операторе DELETE, в отличие от оператора INSERT, подзапрос предложения WHERE может быть коррелированным с таблицей, указанной в предложении FROM оператора DELETE, т.е. можно ссылаться на поле текущей записи таблицы, из которой удаляют. Однако по-прежнему нельзя ссылаться на саму таблицу в предложении FROM подзапроса.

Запрет на использование списка таблиц, для которых ставится условие отбора, для сложных условий неизбежно приводит к множеству вложенных подзапросов. Некоторые платформы допускают указание такого списка перед WHERE clause.

Синтаксис:

```
DELETE FROM <имя_таблицы>
      FROM <список_таблиц>
      WHERE clause
```

Замечание: В первом предложении FROM указывается одна таблица, из которой будут удалены записи, а во втором – список таблиц, относящийся к оператору условия. Второй список не должен содержать таблицу, из которой удаляют записи.

Запрос: Удалить из таблицы УСПЕВАЕМОСТЬ сведения о сдачах Иванова И.И.

Решение:

```
DELETE FROM УСПЕВАЕМОСТЬ
      FROM СТУДЕНТ
      WHERE СТУДЕНТ.ID_Stud = УСПЕВАЕМОСТЬ.ID_Stud
```

AND CFам='Иванов И.И.'

Изменения данных

Общий синтаксис оператора модификации уже существующих строк следующий.

Синтаксис:

```
UPDATE <имя_таблицы>
      SET <имя_поля> = <значение | выражение>
      [{, <имя_поля> = <значение | выражение>}...]
      [WHERE clause]
```

Замечание: Если предложение WHERE отсутствует, то изменения вносятся во все строки таблицы.

Замечание: В отличие от оператора INSERT при модификации данных можно использовать вычисляемые выражения.

Замечание: Оператор UPDATE использует подзапросы так же, как и оператор DELETE.

Запрос: Студенты, проживавшие по адресам 'A2' и 'A3', сменили их на адрес 'A10'. Внести соответствующие изменения в БД.

Решение:

```
UPDATE СТУДЕНТ
      SET CАдрес = 'A10'
      WHERE CАдрес = 'A2' OR CАдрес = 'A3'
```

Запрос: Изменить значение поля Консультант на NULL, если средний балл студента больше или равен 4.

Решение:

```
UPDATE СТУДЕНТ
      SET Консультант = NULL
      WHERE 4 <= (SELECT AVG(Оценка) FROM УСПЕВАЕМОСТЬ
      WHERE СТУДЕНТ.ID_Stud = УСПЕВАЕМОСТЬ.ID_Stud)
```

В заключение отметим, что неспособность в подзапросах сослаться на модифицируемую таблицу, вносит значительные ограничения в использование операторов изменения данных. Например, нельзя изменить значение поля консультант на NULL, если средний балл студента больше или равен среднему баллу его консультанта.

ЯЗЫК ОПИСАНИЯ ДАННЫХ

Создание таблиц

До сих пор мы обсуждали часть SQL, именуемую DML – *Data Manipulation Language*. Этот параграф кратко описывает основы другой составляющей SQL – DDL – *Data Definition Language*.

Общий синтаксис команды создания таблицы следующий.

Синтаксис:

```
CREATE TABLE <имя_таблицы>
(<имя_столбца> <тип_данных>[(<размер>)] [<ограничение_столбца>]
{, [<имя_столбца> <тип_данных>[(<размер>)] [<ограничение_столбца>]}...}
[<ограничения_таблицы>];
```

Поскольку пробелы используются для разделения частей команды SQL, они не могут быть частью имени столбца или таблицы (или любого другого объекта, такого как индекс). Во всем остальном имена объектов БД должны удовлетворять правилам, установленным для идентификаторов, принятых в конкретной реализации.

Как уже было замечено, типы данных значительно зависят от реализации. Значение же аргумента размера зависит от типа данных.

Остальные ограничения относятся к определению целостности БД и подробно описаны в следующем пункте.

Поддержание целостности РБД

Поддержание *структурной целостности* следует рассматривать как требование работы СУБД только с однородными структурами данных типа «реляционная таблица». Реляционная таблица должна удовлетворять всем ограничениям, накладываемым на это понятие в теории РБД – отсутствие картежей-дубликатов, наличие первичного ключа, отсутствие упорядоченности, как картежей, так и атрибутов.

На практике большинство СУБД обеспечивают автоматическую поддержку структурной целостности. Исключением является возможность создания таблиц без первичных ключей. Результаты запроса также обычно не являются реляционными таблицами, но это суть временные структуры, не влияющие на целостность БД.

К структурной целостности можно отнести и проблему неопределенных значений NULL. Для сравнения с неопределенным значением необходимо использовать специальный оператор IS [NOT].

Языковая целостность состоит в том, что РСУБД должна обеспечивать языки описания и манипулирования данными не ниже стандарта SQL. Не должны быть доступны иные низкоуровневые средства манипулирования данными.

Ссылочная целостность обозначает поддержку внешних ключей с возможностью выбора одного из следующих принципов удаления связанных картежей:

⇒ ON DELETE CASCADE – картежи подчиненного отношения уничтожаются при удалении связанных с ними картежей основного отношения.

⇒ ON DELETE SET NULL – картежи подчиненного отношения модифицируются в NULL при удалении связанных с ними картежей основного отношения.

⇒ ON DELETE RESTRICT – запрет на удаление картежа основного отношения при наличии картежей подчиненного отношения, связанных с ним.

Ссылочная целостность обеспечивает поддержку непротиворечивого состояния БД при модификации данных.

Структурная, языковая и ссылочная целостности достаточно абстрактны, они определяют допустимую форму представления и обработки информации в РБД, но не касаются содержания конкретной БД. Для возможности смыслового описания данных введено понятие *семантической целостности*.

Выделяют следующие виды ограничений семантической целостности.

⇒ Ограничение целостности **на уровне столбца** (указываются при описании таблицы в разделе <ограничение столбца>).

Значение по умолчанию: [DEFAULT {<значение> | USER | NULL}]

Здесь ключевое слово USER означает, что при заполнении столбца по умолчанию ему будет присвоена символьная строка, содержащая имя текущего пользователя.

Ограничение уникальности столбца: [UNIQUE]

Условие проверки на допустимость значения:

CHECK (<булево выражение>)

Здесь <булево выражение> допускает только ссылки на данный столбец.

Запрет неопределенных значений: [NOT NULL]

Порождает условие проверки на допустимость значения:

CHECK (<имя_столбца> IS NOT NULL)

Первичный ключ: [PRIMARY KEY]

Если в таблице одно поле является первичным ключом, то его объявление эквивалентно связке ограничений [NOT NULL] [UNIQUE]

Ограничение столбца по ссылке: объявление поля внешним ключом.

FOREIGN KEY REFERENCES

```
<имя_основной_таблицы>(<имя_первичного_ключа_основной_таблицы>)
[ON DELETE {CASCADE | SET NULL | RESTRICT}]
```

Основная таблица должна быть описана до описания подчиненной.

Многие СУБД до недавнего времени не поддерживали понятия внешнего ключа. Однако на современном этапе все ведущие СУБД предоставляют такую возможность.

⇒ Иногда семантическое ограничение целостности связывает несколько столбцов, тогда оно является ограничением целостности **на уровне таблицы**.

Первичный ключ из нескольких столбцов:

[PRIMARY KEY (<имя_столбца> {[, <имя_столбца>]}...)]

Условие проверки на допустимость значения:

CHECK (<булево выражение>)

Здесь <булево выражение> допускает ссылки на несколько столбцов таблицы.

⇒ Если в разных столбцах или таблицах встречаются одинаковые ограничения, то удобно ввести поименованные правила, которые называются ограничениями **на уровне доменов**. Эти правила аналогичны понятию домена в теории РБД и близки к понятию «пользовательский тип данных» в языках программирования. Синтаксис определения именованного ограничения следующий.

```
CONSTRAINT <имя_ограничения> <тип_ограничения> <выражение>
```

Тип ограничения может быть может быть одним из NOT NULL, UNIQUE, DEFAULT, PRIMARY KEY, FOREIGN KEY, CHECK.

В конце приведем описание структуры таблиц БД Успеваемость.

```
CREATE SCHEMA Успеваемость_Студентов (
  CONSTRAINT ID_TYPE CHARACTER(3)
                                CHECK (VALUE IS NOT NULL)
  CONSTRAINT MARK_TYPE INT(2) DEFAULT 2
                                CHECK (@MARK_TYPE>1 AND @MARK_TYPE<=5)
  CREATE TABLE СТУДЕНТ (
    ID_Stud ID_TYPE PRIMARY KEY,
    СФам CHARACTER(25) DEFAULT 'Иванов И.И.',
    САдрес CHARACTER(30),
    Консультант CHARACTER(3) DEFAULT IS NULL
  )
  CREATE TABLE КУРС (
    ID_Subj ID_TYPE PRIMARY KEY,
    Наименование CHARACTER(20) DEFAULT 'Базы данных'
    CHECK (Наименование IN ('Высшая математика',
                             'Базы данных', 'Физика')),
  )
  CREATE TABLE УСПЕВАЕМОСТЬ (
    ID_Stud ID_TYPE,
    ID_Subj ID_TYPE,
    Семестр INT(2) DEFAULT 1
    CHECK (@Семестр>=1 AND Семестр <=11),
    Оценка MARK_TYPE,
    PRIMARY KEY (ID_Stud, ID_Subj, Семестр)
    FOREIGN KEY ID_Stud REFERENCES СТУДЕНТ
                                ON DELETE CASCADE
    FOREIGN KEY ID_Subj REFERENCES КУРС
                                ON DELETE CASCADE
  ))
```

В таблице СТУДЕНТ для поля Консультант не описано ограничение рекурсивного внешнего ключа, поскольку на момент создания таблицы СТУДЕНТ эта таблица еще не существует. Объявить это ограничение можно позднее с помощью оператора ALTER TABLE.

Изменение структуры таблиц

В теории РБД не предполагается внесение каких-либо изменений в структуру таблицы после ее создания, однако большинство коммерческих реализаций позволяют это делать. Общий синтаксис операторов изменения структуры таблицы следующий.

Синтаксис:

```
ALTER TABLE <имя_таблицы>
  {ADD <определение_столбца> |
  ALTER <имя_столбца> {SET DEFAULT <значение> |
                      DROP DEFAULT} |
  DROP <имя_столбца> {CASCADE | RESTRICT} |
  ADD {<определение_первичного_ключа> |
      <определение_внешнего_ключа> |
      <условие_уникальности_данных> |
      <условие_проверки>} |
  DROP CONSTRAINT имя_условия {CASCADE | RESTRICT}
  }
```

В качестве примера добавим рекурсивный внешний ключ в таблицу СТУДЕНТ.

```
ALTER TABLE СТУДЕНТ
  ADD CONSTRAINT FK_Kons FOREIGN KEY (Консультант)
  REFERENCES СТУДЕНТ(ID_Stud) ON DELETE SET NULL
```

ПРЕДСТАВЛЕНИЯ

Представление (View) – это запрос на выборку, который пользователь воспринимает как некоторое виртуальное отношение. Задание представлений входит в описание схемы РБД. Представления позволяют скрыть несущественные или нежелательные детали для разных пользователей, модифицировать реальные структуры данных в удобном для приложения виде, разграничивать права доступа к данным.

Оператор определения представления имеет следующий вид:

Синтаксис:

```
CREATE VIEW <имя_представления> [<список_столбцов>]
  AS <SQL-запрос>
```

Если список столбцов не указан, то в представление войдут все столбцы из запроса, на основе которых оно создано, с соответствующими именами. В *SQL-запросе* можно использовать вычисляемые поля, группировки, подзапросы, однако при этом следует учитывать ограничения, отражающие

природу представлений. После создания представления его можно использовать в запросах наравне с таблицами. На основе представлений можно создавать новые представления.

В качестве примера создадим представление, скрывающее информацию об адресах студентов (такое представление принято называть вертикальным).

```
CREATE VIEW NEW_СТУДЕНТ ID, ФИО, ID_Cons
AS SELECT ID_Stud, СФам, Консультант FROM СТУДЕНТ
```

При работе с представлениями надо все время помнить об их виртуальной природе. СУБД не создает никакой специальной структуры для хранения данных представления, а просто выполняет запрос, указанный в AS, каждый раз, когда встречается имя представления. С одной стороны, это удобно. Например, можно постоянно поддерживать «таблицу» со средними баллами каждого студента, вместо хранения и периодического пересчета этих данных. Однако, с другой стороны, синтаксически правильный запрос с представлением может привести к ошибке. Рассмотрим следующий пример. Пусть определено представление, содержащее средний балл каждого студента:

```
CREATE VIEW СРЕДНИЙ_БАЛЛ (СНом, Студент, СрБалл)
AS SELECT ID_Stud, СФам, AVG(Оценка)
FROM СТУДЕНТ, УСПЕВАЕМОСТЬ
GROUP BY ID_Stud, СФам
```

Теперь найдем студентов, чей средний балл больше 4.5:

```
SELECT СНом, Студент, СрБалл FROM СРЕДНИЙ_БАЛЛ
WHERE СрБалл>4.5
```

Этот правильный, на первый взгляд, запрос будет отвергнут, поскольку на самом деле сформирован неверный запрос с условием на агрегатную функцию в предложении WHERE:

```
SELECT ID_Stud, СФам, AVG(Оценка)
FROM СТУДЕНТ, УСПЕВАЕМОСТЬ
WHERE AVG(Оценка)>4.5
GROUP BY ID_Stud, СФам
```

Второй случай, где надо с осторожностью использовать представления – это модификация данных. Вот ограничения стандарта на операции модификации для представлений.

⇒ В запросе, на основе которого создано представление, должно отсутствовать слово DISTINCT.

⇒ В предложении FROM запроса, на основе которого создано представление, должна быть только одна таблица.

⇒ Каждое имя в списке возвращаемых столбцов должно быть ссылкой на простой столбец: в списке не должны встречаться вычисляемые столбцы, выражения, агрегатные функции.

⇒ В предложении WHERE не должен стоять вложенный запрос.

⇒ В запросе не должно содержаться предложений GROUP BY и HAVING.

Кроме того, следует помнить ряд ограничений при использовании групповых представлений (основанных на запросах с группировками).

⇒ Нельзя использовать встроенные функции.

⇒ Нельзя использовать операторы JOIN, GROUP BY и HAVING.

⇒ Подзапрос не может ссылаться на групповое представление.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Стандарт SQL – это сотни страниц текста. Любая коммерческая реализация языка предлагает множество дополнительных возможностей и расширений. Поскольку целью этой работы являлось ознакомление с основными принципами манипулирования данными и введение в SQL, то за рамками изложения остались многие возможности языка. Кратко перечислим незатронутые темы:

⇒ понятие индекса и работа с индексами в SQL;

⇒ понятие транзакции и операторы управления транзакциями в SQL;

⇒ операторы администрирования в SQL;

⇒ разграничение прав доступа в SQL;

⇒ встроенный SQL и понятие курсора;

⇒ оптимизация запросов.

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

Лабораторная работа № 1

Тема: Реляционная алгебра и реляционное исчисление

Даны четыре таблицы. В них хранится информация о поставщиках (ПОСТАВЩИК), деталях (ДЕТАЛЬ), проектах (ПРОЕКТ), а так же о количестве деталей, поставляемых конкретным поставщиком для некоторого проекта (ЗАКАЗ).

ПОСТАВЩИК

NP	NAME POST	STATUS	GOROD
S1	Smith	10	London
S2	Jones	20	Paris
S3	Black	30	Paris
S4	Clark	20	London
S5	Adams	30	Athens

ДЕТАЛЬ

ND	NAME DET	COLOR	VES
P1	Nut	Red	12
P2	Bolt	Green	17
P3	Screw	Blue	17
P4	Screw	Red	14
P5	Cam	Blue	12
P6	Cog	Red	19

ПРОЕКТ

NPR	NAME PRO	GOROD
J1	Sorter	Paris
J2	Penuche	Rome
J3	Reader	Athens
J4	Console	Athens
J5	Collator	London
J6	Terminal	Oslo
J7	Tape	London

ЗАКАЗ

NP	ND	NPR	NUMBER
S1	P1	J1	400
S2	P3	J1	60
S3	P3	J1	400
S2	P3	J2	500

NP	ND	NPR	NUMBER
S2	P5	J2	555
S3	P4	J2	200
S5	P2	J2	400
S5	P6	J2	40
S2	P3	J3	100
S4	P6	J3	1200
S1	P1	J4	3000
S2	P3	J4	450
S5	P2	J4	500
S5	P1	J4	50
S5	P3	J4	70
S5	P4	J4	1400
S5	P5	J4	400
S5	P6	J4	780
S2	P3	J5	790
S5	P5	J5	100
S2	P3	J6	1000
S2	P3	J7	830
S4	P6	J7	800
S5	P5	J7	20

Дайте решение следующих задач, создавая запросы на языке реляционной алгебры и реляционного исчисления.

1. Получить полные сведения обо всех проектах.
2. Получить полные сведения обо всех проектах в Лондоне.
3. Получить номера деталей, для которых нет другой детали, имеющей меньшее значение веса.
4. Получить значения S# для поставщиков, которые выполняют поставки для проекта J1.
5. Получить значения S# для поставщиков, которые поставляют для проекта J1 деталь P1.
6. Получить названия проектов (JNAME), для которых выполняет поставки поставщик S1.
7. Получить значения цветов (COLOR) для деталей, поставляемых поставщиком S1.
8. Получить номера поставщиков (S#), поставляющих детали как для проекта J1, так и для проекта J2.
9. Получить значения P# для деталей, поставляемых для любого проекта в Лондоне.
10. Получить значения S# для поставщиков, которые поставляют для проектов в Париже или Лондоне красную (RED) деталь.

11. Получить значения P# для деталей, поставляемых для любого проекта поставщиком, находящимся в том же городе.
12. Получить значения J# для проектов, в которые не поставляется ни одной красной детали поставщиком из Лондона.
13. Получить значения S# для поставщиков, которые поставляют одну и ту же деталь для всех проектов.
14. Получить значения J# для проектов, снабжаемых полностью поставщиком S2.
15. Получить значения номеров тех деталей (P#), которые поставляются для всех проектов в Лондоне.
16. Получить значения J# для проектов, снабжаемых, по крайней мере, всеми деталями, которые поставляются поставщиком S2.
17. Получить значения J# для проектов, которые получают, по крайней мере, несколько деталей от поставщика S5.

Сравните ваши решения. Какие запросы проще сформулировать в реляционной алгебре, какие – в реляционном исчислении? В каждом случае объясните, почему вы сочли, что задача проще решается в том или ином языке. Какой из двух языков вы предпочитаете? Почему?

Лабораторная работа № 2

Тема: Язык SQL

⇒ Пользуясь данными из лабораторной работы №1, сформулируйте все запросы, указанные в ней, на языке SQL.

⇒ Сформулируйте запросы для вычисления итогов на языке SQL. Можно ли сформулировать эти запросы с помощью реляционной алгебры или реляционного исчисления?

18. Получить значения общего числа проектов, снабжаемых поставщиком S5.
 19. Получить значение общего количества деталей P2, поставляемых поставщиком S5.
 20. Для каждой детали, поставляемой для некоторого проекта, получить ее номер, номер проекта и значение общего количества данной детали в проекте.
- ⇒ Напишите операции изменения БД, выполняющие следующие действия:
21. Изменить название проекта J6 на «VIDEO».
 22. Изменить цвет всех красных деталей на оранжевый.
 23. Сделать все необходимые изменения для случая, когда определенное количество деталей P1, поставляемых для проекта J1 поставщиком S1, должно теперь поставляться поставщиком S2.
 24. Добавить картежи (“P7”, “WASHER”, “GREY”, 1) и (“P8”, “SCREW”, “YELLOW”, 2) в отношении «ДЕТАЛЬ».
 25. Удалить все красные детали и соответствующие картежи отношения «ЗАКАЗ».

⇒ Описать схему базы данных ЗАКАЗЫ.

КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ПО SQL

Даны три таблицы, составляющих базу данных строительной компании «Премьер».

Рабочий

ID_рабочего	ФИО рабочего	Почасовая Ставка	Специальность	ID_Начальника
1235	М.Фарадей	13р.	Электрик	1311
1311	Х.Колумб	16р.	Электрик	1311
1412	К.Немо	14р.	Штукатур	1520
1520	Г.Риквер	12р.	Штукатур	1520
2920	Р.Гаррет	10р.	Кровельщик	2920
3001	Дж.Барристер	8р.	Плотник	3231
3231	П.Мейсон	17р.	Плотник	3231

Здание

ID_Здания	Адрес	Тип	Уровень Сложности
111	Ул. Осиновая, 1213	Офис	4
210	Ул. Березовая, 1011	Офис	2
312	Ул. Вязов, 123	Жилой Дом	3
435	Ул. Кленовая, 456	Магазин	1
460	Ул. Буковая, 1415	Склад	3
515	Ул. Дубовая, 789	Жилой Дом	3

График

ID Рабочего	ID Здания	Дата Начала Работы	Количество Дней
1235	312	10 октября 2000 г.	5
1235	515	17 октября 2000 г.	22
1311	435	8 октября 2000 г.	12
1311	460	23 октября 2000 г.	24
1412	111	1 декабря 2000 г.	4
1412	210	15 ноября 2000 г.	12
1412	312	1 октября 2000 г.	10
1412	435	15 октября 2000 г.	15
1412	460	8 декабря 2000 г.	18
1412	515	5 ноября 2000 г.	8
1520	312	30 октября 2000 г.	17
1520	515	9 октября 2000 г.	14
2920	210	10 ноября 2000 г.	15

<u>ID Рабочего</u>	<u>ID Здания</u>	Дата Начала Работы	Количество Дней
2920	435	28 октября 2000 г.	10
2920	460	5 октября 2000 г.	18
3001	111	8 октября 2000 г.	14
3001	210	27 октября 2000 г.	14
3231	111	10 октября 2000 г.	8
3231	312	24 октября 2000 г.	20

Дайте решение следующих задач, создавая запросы на языке SQL.

1. Определить схему данных БД Строительной Компании “Премьер”.
2. Найти все работы, которые начинаются в течение ближайших трех недель. CURRENT_DATE – функция, возвращающая текущую дату.
3. Перечислить рабочих, назначенных в октябре 2000 года на здания офисов с указанием фамилий их начальников.
4. Перечислить фамилии рабочих, чьи почасовые ставки больше, чем ставки их начальников.
5. Перечислить рабочих, которые назначены на все здания офисов.
6. Каково среднее число дней работы плотников на здании офисов?
7. Для каждого начальника выяснить среднюю почасовую ставку среди его подчиненных.
8. У каких рабочих почасовая ставка выше среднего?
9. Для начальников, у которых более двух подчиненных, выяснить максимальную почасовую оплату среди его подчиненных.
10. Перечислить здания, на которые в октябре-ноябре 2000 г. назначены представители всех специальностей.
11. Перечислить здания уровня сложности 1, на которые еще не назначено ни одного электрика.
12. Уволить электрика М.Фарадея.
13. Повысить зарплату на 10% рабочим, работавшим в октябре на зданиях офисов.
14. Назначить бригаду электриков в составе М.Фарадея и Х.Колумба на работы в новом здании магазина по улице Вязов, 13 с 1.04.04 на две недели.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Глушаков С.В., Ломотько Д.В. Базы данных. Учебный курс. – М.: АСТ, 2000.
2. Грэй П. Логика, алгебра и базы данных. - М.: Машиностроение, 1989.
3. Дейт К. Введение в системы баз данных. – М.: Наука, 1998.
4. Джексон Г. Проектирование реляционных баз данных для использования с микроЭВМ. – М.: Мир, 1991.
5. Карпова Т. Базы данных: модели, разработка, реализация. – СПб.: Питер, 2001.
6. Кузнецов С.Д. Основы современных баз данных. – Информационно-аналитические материалы Центра Информационных технологий. – <http://www.citforum.ru/> – 1998.
7. Кузнецов С.Д. Введение в стандарты языка баз данных SQL. – Информационно-аналитические материалы Центра Информационных технологий. – <http://www.citforum.ru/> – 1998.
8. Соломон Д. и др. Microsoft SQL Server 6.5. Энциклопедия пользователя: Пер. с англ. – Киев: Издательство “ДиаСофт”, 1998.
9. Тихомиров Ю.В. Microsoft SQL Server 7.0: разработка приложений. – СПб.: БХВ – Санкт-Петербург, 1999.
10. Хансен Г., Хансен Д. Базы данных: разработка и управление: Пер. с англ. – М: ЗАО “Издательство БИНОМ”, 1999.
11. Чери С. и др. Логическое программирование и базы данных. - М.: Мир, 1992.

Содержание

Общие сведения	3
Понятие отношения	4
Реляционная база данных “Успеваемость”	6
Операции реляционной алгебры	6
Теоретико-множественные операции РА	7
Операции, присущие только РА	10
Реляционное исчисление	16
6-в-одном: операции объединения, пересечения, разности,	
произведения, выборки, проекции	16
Квантор существования. Соединение	17
Квантор всеобщности. Деление	19
SQL – структурированный язык запросов	21
Типы данных	22
Создание простых запросов в SQL	22
Группировка данных	27
Многотабличные запросы	29
Естественное соединение	29
Тета-соединение	30
Внешнее соединение	30
Использование оператора JOIN в инструкции FROM	31
Операции реляционной алгебры в SQL-92	33
Подзапросы в SQL	33
Способы включения подзапроса в запрос	34
Подзапрос в целевом списке	34
Подзапросы в инструкции WHERE. Некоррелированный подзапрос	35
Коррелированные подзапросы	36
Квантор существования в подзапросах	37
Операторы ALL, ANY, SOME	38
Операторы модификации данных	39
Язык описания данных	42
Представления	46
Заключение	48
Лабораторный практикум	49
Лабораторная работа № 1	49
Лабораторная работа № 2	51
Контрольные задания по SQL	52
Библиографический список	54

Языки манипулирования данными
Евгения Дмитриевна Кареева

Редактор И.А. Вейсиг

Корректурa автора

Подписано в печать 22.04.2004 г. Уч.-изд. л. 2,9

Тиражируется на электронных носителях

Заказ 305

Дата выхода 23.09.2004

Адрес в Internet: www.lan.krasu.ru/studies/editions.asp

Отдел информационных ресурсов управления информатизации КрaсГУ
660041 г. Красноярск, пр. Свободный, 79, ауд. 22-05, e-mail: info@lan.krasu.ru

Издательский центр Красноярского государственного университета

660041 г. Красноярск, пр. Свободный, 79, e-mail: rio@lan.krasu.ru