

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
КАФЕДРА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

по дисциплине

«ПРОЕКТИРОВАНИЕ БАЗ ДАННЫХ»

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНЦЕПТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ БАЗЫ ДАННЫХ

для студентов специальности

1 – 53 01 02 «Автоматизированные системы обработки информации»

Брест 2007

В лабораторном практикуме рассмотрен процесс построения концептуальной модели структуры базы данных для заданного объекта автоматизации. Приведены основные положения методологии проектирования структур баз данных, дан обзор этапов процедуры проектирования баз данных. Определены основные положения и методика концептуального проектирования структуры базы данных. Рассмотрены примеры определения сущностей, связей, атрибутов сущностей и связывание их с сущностями и связями, приведены определения первичных и потенциальных ключей. Даны рекомендации по объединению локальных концептуальных моделей в единую модель. Рассмотрена процедура построения диаграмм «сущность-связь», даны методические указания для выполнения лабораторных работ по данной тематике.

Лабораторный практикум предназначен для использования студентами специальности «Автоматизированные системы обработки информации» в ходе выполнения лабораторных и самостоятельных работ по дисциплине «Проектирование баз данных». Лабораторный практикум можно использовать при выполнении курсовых проектов (работ) по данной тематике.

Табл. 15., рис. 17, список лит. 6 назв.

Составители: В.И. Хвещук, доцент, к.т.н.
Г.Л. Муравьев, доцент, к.т.н.

Рецензент: А.А. Козинский, доцент, к.п.н., Брестский государственный университет им. А.С. Пушкина

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ НА ЛАБОРАТОРНУЮ РАБОТУ «ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛОКАЛЬНЫХ КОНЦЕПТУАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ»	4
2. МЕТОДОЛОГИЯ КОНЦЕПТУАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ БД	5
2.1. КОНЦЕПЦИЯ ДИАГРАММ «СУЩНОСТЬ-СВЯЗЬ»	5
2.1.1. СУЩНОСТИ	5
2.1.2. АТРИБУТЫ	7
2.1.3. СВЯЗИ	9
2.1.4. ДИГРАММА «СУЩНОСТЬ-СВЯЗЬ»	11
2.2. МЕТОДИКА СОЗДАНИЯ КОНЦЕПТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ БД	12
2.3. СОЗДАНИЕ ЛОКАЛЬНЫХ КОНЦЕПТУАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ	13
2.3.1. ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЛОКАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ	13
2.2.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СУЩНОСТЕЙ	15
2.2.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВЯЗЕЙ	19
2.2.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ АТРИБУТОВ И СВЯЗЫВАНИЕ ИХ С СУЩНОСТЯМИ И СВЯЗЯМИ	21
2.2.5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОМЕНОВ АТРИБУТОВ	24
2.2.6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ И ПЕРВИЧНЫХ КЛЮЧЕЙ	24
2.2.7. ПОСТРОЕНИЕ ДИАГРАММЫ «СУЩНОСТЬ-СВЯЗЬ» ДЛЯ ОТДЕЛЬНОЙ ЗАДАЧИ	26
3. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ НА ЛАБОРАТОРНУЮ РАБОТУ	30
«ОБЪЕДИНЕНИЕ ЛОКАЛЬНЫХ КОНЦЕПТУАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ»	30
4. КОНЦЕПЦИЯ ОБЪЕДИНЕНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ КМ	31
4.1. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИДЕНТИЧНОСТЕЙ	32
4.2. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АГРЕГАЦИЙ И ОБОБЩЕНИЙ	33
4.3. ОБЪЕДИНЕНИЕ ЛОКАЛЬНЫХ КМ В ГЛОБАЛЬНУЮ МОДЕЛЬ БД	36
4.3.1. СЛИЯНИЕ ЛОКАЛЬНЫХ КМ В ГЛОБАЛЬНУЮ МОДЕЛЬ БД	36
4.3.2. ПРОВЕРКА ГЛОБАЛЬНОЙ КМ БД	41
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ СОКРАЩЕНИЙ	42
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	42
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	43
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ПРИМЕР СПИСКА ЗАДАЧ ДЛЯ АСОИ «УСПЕВАЕМОСТЬ»	43

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ НА ЛАБОРАТОРНУЮ РАБОТУ «ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛОКАЛЬНЫХ КОНЦЕПТУАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ»

ТЕМА

Построение локальных концептуальных моделей (КМ) для структуры базы данных (БД) автоматизированной системы обработки информации (АСОИ).

ЦЕЛЬ

Сформировать знания и практические умения для проектирования локальных концептуальных моделей для структуры базы данных АСОИ.

ЗАДАЧИ

Для проектируемой структуры БД АСОИ решить следующие задачи:

1. Для каждой задачи из «Каталога задач АСОИ» (результат выполнения лабораторной работы «Формирование требований к БД АСОИ») создать отдельную локальную концептуальную модель данных путем выполнения следующих действий:
 - Определить сущности для задачи;
 - Определить связи между сущностями задачи;
 - Определить атрибуты и связать их с сущностями и связями задачи;
 - Определить домены для атрибутов задачи;
 - Определить первичные и потенциальные ключи для сущностей задачи;
 - Создать диаграмму «сущность-связь» для задачи;
2. Документировать результаты выполнения перечисленных задач.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Результаты выполнения лабораторной работы «Формирование требований пользователей к БД АСОИ» в виде совокупности описаний [5]:

- Объекта автоматизации;
- Каталога задач для АСОИ;
- Словаря данных для АСОИ.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить теоретическую часть лабораторной работы (см.п.2.1 – п.2.2.).
2. Ответить на контрольные вопросы.
3. Изучить примеры проектирования элементов концептуальной модели (сущностей, атрибутов и связей) и построения диаграмм «сущность-связь» (см. п.2.2.7 и приложения) для БД АСОИ.
4. Решить задачи перечисленные выше.
5. Оформить результаты выполнения лабораторной работы.
6. Защитить у преподавателя результаты выполнения лабораторной работы.

РЕЗУЛЬТАТ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Отчет по лабораторной работе должен содержать следующие результаты:

1. Для каждой задачи графическое представление локальной КМ в виде отдельной диаграммы «сущность-связь».
2. Описание компонентов локальных КМ в табличном виде, а именно:
 - Описание сущностей;
 - Описание связей;
 - Описание атрибутов;
 - Описание доменов;
 - Описание ключей.

2. МЕТОДОЛОГИЯ КОНЦЕПТУАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ БД

2.1. КОНЦЕПЦИЯ ДИАГРАММ «СУЩНОСТЬ-СВЯЗЬ»

Модель «сущность-связь» (Entity-Relationship model или ER – модель) представляет собой высокоуровневую концептуальную модель данных, которая была разработана Ченом (1976) с целью упрощения задачи проектирования структур баз данных.

Данная модель представляет собой набор концепций, которые описывают структуру БД в виде совокупности сущностей, атрибутов и связей. Основная цель разработки такой модели данных заключается в создании пользовательского восприятия данных и согласования большого количества технических аспектов, связанных с проектированием БД. Следует особо отметить, что концептуальная модель данных не зависит от конкретной СУБД или аппаратной платформы, которая используется для реализации БД.

Цель диаграмм «сущность-связь» - создать точное и полное отображение реальной предметной области (ПрО), используемое в дальнейшем в качестве источника информации для построения БД АСОИ.

Эта диаграмма или концептуальная модель ПрО должна отвечать следующим требованиям:

1. *Обеспечивать адекватное отображение ПрО;*
2. *Представлять на языке, понятном, как будущим пользователям АСОИ, так и разработчикам БД;*
3. *Содержать информацию о ПрО, достаточную для дальнейшего проектирования БД (разработка логической и физической моделей);*
4. *Гарантировать однозначную интерпретацию или толкование модели ПрО.*

Основные концепции этой модели - понятия **сущность**, **атрибут** и **связь**.

2.1.1. СУЩНОСТИ

СУЩНОСТЬ – это множество объектов реального мира с одинаковыми свойствами.

Сущность характеризуется независимым существованием и может быть объектом с физическим (или реальным) существованием или объектом с концептуальным (или абстрактным) существованием.

Сущность представляет собой основное содержание того явления или процесса (транзакции или запроса), о котором необходимо собрать информацию, и является узловой точкой сбора информации. Сущность относится к набору однородных предметов или вещей. Каждая сущность идентифицируется именем и списком свойств (атрибутов). В качестве сущности может выступать личность, место, вещь и т.д., информацию о которых необходимо хранить в БД.

Например, для ПрО «Успеваемость» [6] в качестве сущностей можно определить следующие: **Факультет**, **Специальность**, **Курс**, **Группа**, **Студент** и другие. Сущность **Факультет** является основным объектом данной ПрО. На факультете могут обучаться студенты по нескольким **Специальностям**. Весь учебный процесс по отдельной специальности разделен на определенное количество **Курсов**. Отдельный **Курс** состоит из нескольких студенческих **Групп**. В состав отдельной **Группы** входит определенное количество **Студентов**.

ЭКЗЕМПЛЯР СУЩНОСТИ относится к конкретному объекту в наборе заданных значений атрибутов, который может быть идентифицирован уникальным образом. Например, для сущности **Факультет** экземпляром сущности может быть **Факультет электронно-информационных технологий** или для сущности **Студент** экземпляром сущности может быть **Студент Петров Николай Викторович**.

Сущности можно классифицировать на:

- **Слабые сущности (дочерние, подчиненные)**– сущности, существование которой зависит от какой-то другой сущности. Например, для ПрО «Успеваемость», сущность **Группа** является слабой сущностью по отношению к сущности **Курс**, так как ее существование зависит от наличия сущности **Курс**.
- **Сильные сущности (родительская, доминантная)** – сущность, существование которой не зависит от какой-то другой сущности. Например, для ПрО «Успеваемость» такой сущностью является сущность **Факультет**. Или сущность **Группа** по отношению к сущности **Студент**.

Графически сущности на диаграммах «сущность-связь» представляются в виде прямоугольников. Пример изображения сущностей **Преподаватель**, **Студент**, **Факультет**, **Группа** приведен на рис.2.1.



Рис.2.1. Представление на диаграммах «сущность-связь» отдельных сущностей

Для документирования сущностей используются следующие характеристики: имя сущности, описание сущности, возможные псевдонимы сущности, особенности использования сущности. Рекомендуется результаты документирования сущностей представлять в табличном виде. Пример описания сущностей приведен в табл.2.1.

Таблица 2.1.

Описание сущностей

№ п/п	Имя сущности	Описание	Псевдонимы	Особенности использования
1	Преподаватель	Работник, выполняющий определенные функциональные обязанности по ведению учебного процесса	Сотрудник	Один или более сотрудников на кафедре факультета
2	Студент	Обучающийся на факультете	Учащийся	Один из членов группы студентов
3	Курс	Организационно независимая совокупность групп студентов, обучающихся на одной из специальностей факультета, которые поступили одновременно		

2.1.2. АТРИБУТЫ

АТРИБУТ - это средство, с помощью которого определяются свойства сущности или связи. Атрибут - это поименованная характеристика сущности. Наименование атрибута должно быть уникальным для конкретной сущности, но может быть одинаковым для разных сущностей.

Конкретный набор атрибутов для сущности определяется задачами, в которых они используются. Например, сущность **Студент** можно описать с помощью следующей совокупности атрибутов **Номер Студента**, **ФИО**, **Адрес**, **Специальность**, **Пол** и других, а сущность **Кафедра** может быть описана атрибутами: **Название кафедры**; **ФИО завкафедрой**; **Адрес**; **Номер Телефона** и другие.

Атрибуты можно разделить на простые и сложные, на однозначные и многозначные.

Простой атрибут – это атрибут, который состоит из одного компонента с независимым существованием. Например, **Пол**, **Должность**. Простые атрибуты еще называют атомарными.

Составной атрибут – это атрибут, состоящий из нескольких компонентов, каждый из которых характеризуется независимым существованием. Например, **Адрес** может быть разбит на отдельные атрибуты – **Страна**, **Город**, **Улица** и т.д.

Однозначный атрибут – это атрибут, который содержит одно значение для одной сущности.

Многозначный атрибут – это атрибут, который содержит несколько значений для одной сущности. Например, атрибут **НомерТелефона** может принимать одновременно несколько значений – **222222**, **444444** и т.д.

Производный атрибут – это атрибут, который представляет значение, производное от значения связанного с ним атрибута или некоторого множества атрибутов, подлежащих некоторой сущности. Например, атрибут **Количество сотрудников кафедры**, который определяется путем подсчета количества сотрудников кафедры и т.д.

Графически изображение атрибутов сущности представляются в виде выносок, в которых перечисляется список имен атрибутов. Пример разных типов атрибутов приведен на рис.3.2.



Обозначения:

- Полуужирным и с подчеркиванием выделяются первичные ключи (**Номер зачетной книжки** для типа сущности **Студент** и **Номер кафедры** для типа сущности **Кафедра**).
- Подчеркиванием отмечаются потенциальные ключи (Атрибут **Номер паспорта** для типа сущности **Студент**)

Рис.2.2. Представление атрибутов сущностей на диаграммах «сущность-связь»

Атрибут сущности можно определить следующим набором характеристик:

- имя атрибута (уникальное обозначение атрибута);
- описание (повествовательное описание смысла атрибута);
- тип данных и размер;
- ограничения, накладываемые на значение атрибута;
- значение по умолчанию;
- псевдоним атрибута;
- допустимость пустых значений и другие.

Для документирования атрибутов используется описание их характеристик в табличном виде. Пример описания атрибута **Номер зачетной книжки** для сущности **Студент** приведен в табл.2.2.

Таблица 2.2.

Описание атрибутов

№ п/п	Имя сущности	Имя атрибута	Описание	Тип данных, длина	Ограничения	Значение по умолчанию	Псевдоним	Допустимость NULL	Производный
1	Студент	Номер зачетной книжки	Уникальный идентификатор студента	Числовой	Первичный ключ			нет	нет

Домен атрибута – это набор значений, которые могут быть присвоены атрибуту. Для документирования доменов атрибутов используется описание в табличном виде. Пример описания домена приведен в табл.2.3.

Таблица 2.3.

Описание доменов атрибутов

№ п/п	Имя домена	Характеристики домена	Примеры допустимых значений
1	Курс	Количество курсов	1,2,3,4,5

КЛЮЧ – это элемент данных, который позволяет уникально идентифицировать отдельные экземпляры некоторой сущности. Для сущности **Студент** это может быть атрибут **Номер зачетной книжки** или **Номер паспорта**.

Потенциальный ключ – это атрибут или набор атрибутов, который уникально идентифицирует отдельные экземпляры сущности.

Первичный ключ – это потенциальный ключ, который выбран в качестве первичного ключа. Например, для сущности **Преподаватель** кафедры есть уникальный **Табельный номер преподавателя**, а также уникальный **номер паспорта**. Таким образом, сущность **Преподаватель** обладает двумя потенциальными ключами.

Альтернативный ключ – это потенциальные ключи сущности, которые не выбраны в качестве первичного ключа.

Составной ключ – это потенциальный ключ, состоящий из двух и более атрибутов.

На диаграммах «сущность-связь» ключевые атрибуты сущностей отображаются подчеркиванием соответствующих атрибутов (см. рис.2.2).

Для документирования ключей используется их описание в табличном виде. Пример описания ключей приведен в табл.2.4.

Таблица 2.4.

Описание ключей

№ п/п	Имя сущности	Первичный ключ	Альтернативный ключ
1	Факультет	Номер факультета	Номер телефона
2	Студент	Номер зачетной книжки	Номер паспорта

2.1.3. СВЯЗИ

СВЯЗЬ – это отношение между экземплярами двух (и более) разных сущностей. Механизм связей используется для того, чтобы определить взаимоотношения между сущностями в ПрО. Кроме этого, существуют отношения между атрибутами отдельной сущности (будут рассмотрены при построении логических моделей).

Каждой связи присваивается имя, которое должно описывать его функцию. Связи обладают такими характеристиками, как наименование связи, показатель кардинальности, степень участия, степень связи, время существования связи и другими.

Наименование связи должно нести в себе определенный смысл, чтобы было легко разобраться в том, как соотносятся сущности. Например, взаимоотношение между сущностями **Преподаватель** и **Дисциплина** может быть определено связью **Читает**.

Для графического представления связи на диаграммах «сущность-связь» используется ромб. Внутри ромба определяется имя связи, а с помощью линий соединяются сущности, участвующие в данной связи. Примеры связей приведены на рис.2.3 – рис.2.5.

Показатель кардинальности связи (характеристика однозначности) обозначает степень взаимосвязи сущностей и описывает количество возможных связей для каждой из сущностей-участниц:

- один-к-одному (1:1);
- один-ко-многим (1:N);
- многие-ко-многим (N:M).

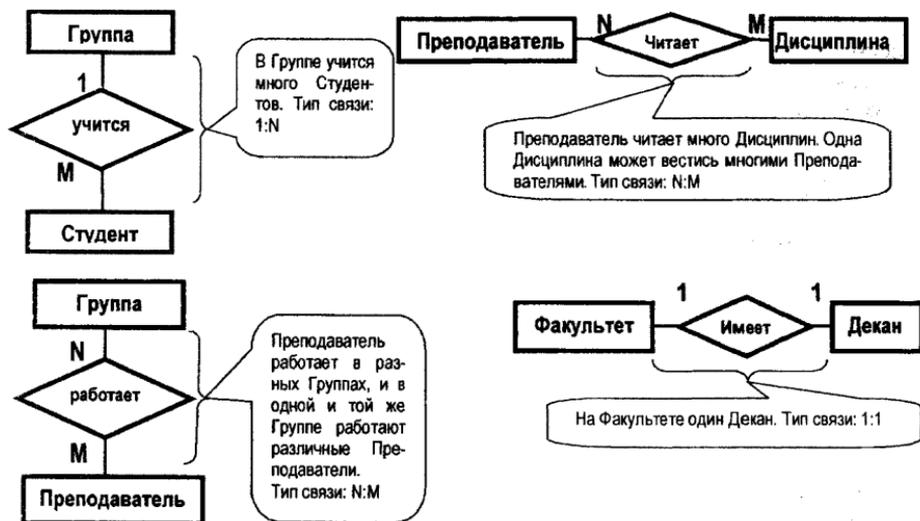


Рис.2.3. Представление на диаграммах «сущность-связь» разных типов связей

Степень участия (характеристика избирательности) - определяет, зависит ли существование некоторой сущности от участия в связи некоторой другой сущности. Характеристика избирательности связи определяет правила членства экземпляра сущности в связи:

- **необязательная связь.** Существование обеих сущностей в связи не зависит от связи. **Организация** (сущность) **ИмеетШтат** (связь) **Служащий** (сущность).
- **возможная связь.** Существование одной из сущностей в связи зависит от связи. **Средство_Передвижения** (сущность) **Изготовлено_Из** (связь) **Деталь** (сущность).
- **условная связь.** Существование одной из сущностей зависит от условия связи. **Контракт** (сущность) **Выполняется_В_Течение_1_го_Квартала** (связь) **Статья** (сущность).
- **обязательная связь.** Существование обеих сущностей зависит от связи.

С помощью однозначности связей могут быть описаны дополнительные системные ограничения. Например, для сущностей **Склад**, **Готовые_Товары** и **Сырье** с помощью описания связей через условие "или" можно определить, что на **Складе** могут храниться либо **Готовые_Товары**, либо **Сырье**, но не то и другое вместе. Графически это изображается следующим образом. Из сущности **Склад** выходит одна линия, которая затем разделяется на две линии, соединяющиеся с сущностями **Готовые_Товары** и **Сырье**. На точке разветвления пишется условие "или".

Для определения связи между сущностями может использоваться следующая процедура. Парно объединяются все сущности между собой в выбранной локальной КМ. Для каждой пары сущностей необходимо провести исследование. Оно заключается в получении ответа на вопрос **"Могут ли быть использованы обе сущности в одной и той же задаче (транзакции или запросе), или можно ли задать содержательный вопрос, включающий обе сущности?"**. Если ответ положительный, то между этими сущностями существует определенная связь. Затем определяются связи между сущностями, а также, какие связи наиболее важные и какие избыточные. Это может быть выполнено только с учетом детального рассмотрения всей локальной КМ.

Степень связи определяет количество сущностей, которые охвачены данной связью. Например, бинарная – 2 (см. рис.2.3), тернарная 3 (см. рис.2.4), четвернарная 4 и т.д.



Рис.2.4. Представление на диаграмме «сущность-связь» тернарной связи

На рис.2.4. представлена тернарная связь, т.е. связь между тремя сущностями – **Преподавателем**, **Лабораториями** и **Занятиями**. Назначение изображенной связи состоит в представлении ситуации, когда преподаватели кафедры ведут занятия в лабораториях.

Атрибуты могут также принадлежать связям. Например, связь **Читает** между сущностями **Преподаватель** и **Дисциплина**. Допустим, что требуется фиксировать информацию о **Времени** проведения лекции преподавателем. Эта информация скорее относится к связи, чем к перечисленным сущностям. Наличие у связи

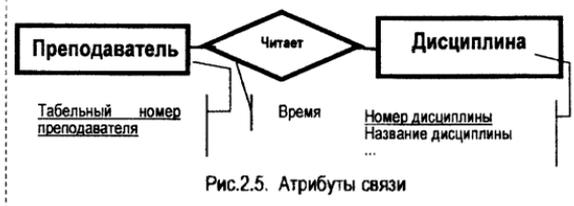


Рис.2.5. Атрибуты связи

атрибутов может свидетельствовать о том, что эта связь скрывает некоторую неопределенную сущность.

Для документирования характеристик и особенностей связей рекомендуется использовать их описание в виде таблицы. Пример описания связей для сущностей **Курс** и **Кафедра** с другими сущностями КМ представлен в табл.2.5.

Таблица 2.5.

Описание связей

№ п/п	Сущности	Связи	Сущности	Кардинальность
1	Группа	Состоит	Курс	1:N
2	Группа	Входит	Студент	1:N
3	Дисциплина	Обучается	Студент	1:N
4	Дисциплина	Проводит	Преподаватель	1:N

2.1.4. ДИГРАММА «СУЩНОСТЬ-СВЯЗЬ»

На рис.2.6. приведен фрагмент диаграммы «сущность-связь» для предметной области «Успеваемость». На диаграмме изображены сущности и связи между ними.

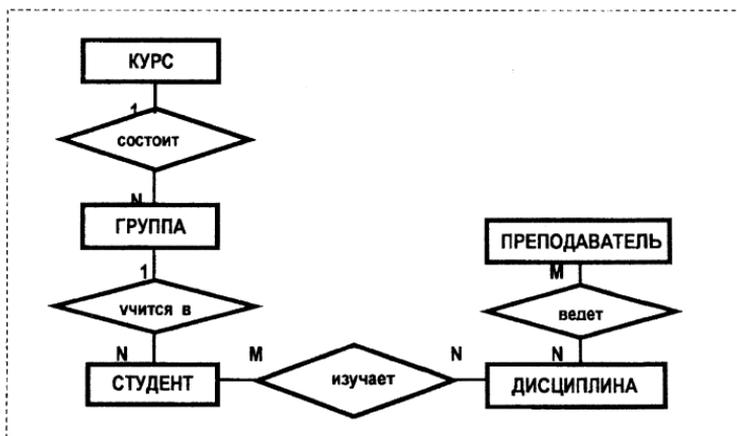


Рис.2.6. Пример фрагмента диаграммы «сущность-связь» для Про «Успеваемость»

2.2. МЕТОДИКА СОЗДАНИЯ КОНЦЕПТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ БД

Цель построения концептуальной модели для ПрО – это разработка высокоуровневой модели ПрО в виде совокупности взаимосвязанных сущностей, атрибутов и связей. Необходимо, чтобы концептуальная модель адекватно отображала реалии той ПрО, для которой она разрабатывается.

Исходной информацией для построения КМ ПрО являются результаты выполнения лабораторной работы по теме «Формирование требований пользователей к БД АСОИ», в которой описываются результаты изучения объекта автоматизации, а именно, каталог задач и словарь данных.

Для создания КМ ПрО можно использовать восходящие, нисходящие, объектно-ориентированные и другие методы построения концептуальных моделей [1-3]. В данном лабораторном практикуме рассматривается нисходящий метод построения КМ ПрО, в основу которого положен функциональный подход в проектировании структуры БД.

Организация учебного процесса по данной тематике ориентирована на индивидуальное построение отдельным пользователем концептуальной модели для заданной ПрО. Этот процесс представляется в виде двухэтапной процедуры и состоит из следующих этапов:

- **Этап 1. «Разработка локальных концептуальных моделей»** - для каждой отдельной задачи пользователя разрабатывается отдельная КМ. Методика выполнения этапа рассмотрена в п.2.2.1 – п.2.2.7.
- **Этап 2. «Объединение локальных концептуальных моделей»** в единую концептуальную модель ПрО пользователя. Методика выполнения этапа рассмотрена в п.4.1-п.4.3.

Первый этап ориентирован на построение локальных КМ для каждой из задач, которые определены в каталоге задач пользователей [5]. Для простых задач пользователя, возможна операция их предварительного объединения в более крупные задачи. Для сложных задач возможна декомпозиция на более мелкие задачи. В этих случаях необходимо редактировать каталог задач.

Для каждой из задач создается отдельная КМ, которая документируется в виде совокупности таблиц (атрибутов, связей, сущностей, доменов и ключей) и диаграммы «сущность-связь». По желанию разработчика документация на КМ может представляться как в виде отдельного описания (для каждой задачи своя таблица атрибутов, связей, сущностей, доменов и ключей) для каждой задачи из каталога задач, так и для всей КМ единая документация (единая таблица атрибутов, связей, сущностей и доменов для всех задач) и набор диаграмм по задачам.

Второй этап предназначен для объединения локальных КМ в единую концептуальную модель ПрО.

При объединении локальных КМ в единую КМ ПрО используются концепции объединения идентичностей, агрегация и обобщение. Процедура объединения выполняется по следующей схеме: определение порядка выбора локальных КМ для объединения, объединение локальных КМ в единую КМ и разрешение противоречий. Результаты объединения документируются в виде единой документации на КМ и единой диаграммы «сущность-связь» для ПрО.

2.3. СОЗДАНИЕ ЛОКАЛЬНЫХ КОНЦЕПТУАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ

Основная цель данного этапа - это построение для каждой отдельной задачи из каталога задач отдельной локальной КМ и документирование результатов в виде совокупности таблиц (сущностей, атрибутов, связей, доменов и ключей) и диаграммы «сущность-связь».

Методика создания отдельной локальной концептуальной модели для отдельной задачи из каталога задач пользователя реализуется путем выполнения последовательности следующих действий:

1. Идентификация локальной КМ (см.п.2.3.1).
2. Определения сущностей для локальной КМ (см.п.2.3.2).
3. Определения связей между сущностями в локальной КМ (см.п.2.3.3).
4. Определения атрибутов и связывание их с сущностями и связями для локальной КМ (см.п.2.3.4).
5. Определения доменов атрибутов для локальной КМ (см.п.2.3.5).
6. Определения атрибутов, являющихся потенциальными и первичными ключами для локальной КМ (см.п.2.3.6);
7. Создание диаграммы «сущность-связь» для отдельной задачи (см.п.2.3.7).

Для реализации данного этапа для совокупности задач необходимо последовательно выполнить приведенную последовательность действий для каждой задачи из каталога задач пользователя.

Результатом выполнения данного этапа является совокупность локальных КМ, которые документируются в виде следующих описаний:

1. Локальная диаграмма «сущность-связь» для каждой отдельной задачи.
2. Таблиц описания сущностей, атрибутов, связей, доменов и ключей для всей ПрО.

2.3.1. ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЛОКАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ

Основная цель данного действия - это разбиение ПрО пользователя на части и их идентификация с целью последующего упрощения процесса создания единой концептуальной модели ПрО.

В соответствии с методикой построения КМ ПрО (см.п.2.2.) на первом этапе ПрО делится на совокупность задач, для каждой из которых создается своя собственная локальная КМ. Затем на втором этапе эти локальные КМ объединяются в общую (глобальную) КМ ПрО. Эта методика предполагает, что построение локальных КМ и их объединение, требует меньших затрат, чем построение КМ для всей ПрО целиком.

Деление ПрО на части или выбор локальных моделей зависит от масштаба ПрО. Минимальная зависимость от других локальных моделей или минимальное взаимодействие с ними, а также степень управляемости являющихся факторами, которые следует принимать во внимание при формулировании локальных моделей. Одним из возможных вариантов деления ПрО на части является ее деление на основе перечня задач, который определен в каталоге задач при формулировании требований к БД АСОИ [5].

Следует отметить, что в процессе идентификации локальных моделей для простых задач возможна операция их объединения в более крупные задачи, а для сложных задач возможна декомпозиция на более мелкие задачи.

Например, предположим, что для перечня задач из ПрО «Успеваемость» [5] перечень задач остался неизменным, т.е. операции объединения и декомпозиции не применялись. Для идентификации задач используем идентификатор **КМ** и порядковый номер задачи:

- **КМ 1** – задача №1 - Организация и ведение (добавление, изменение, удаление, документирование) информации о факультетах, о кафедрах, о преподавателях кафедр, о специальностях университета;
- **КМ 2** – задача №2 - Организация и ведение информации об учебном плане по специальностям, о дисциплинах учебного плана.
- **КМ 3** – задача №3 - Закрепление дисциплин специальности за преподавателями кафедр.
- **КМ 4** – задача №4 - Организация и ведение информации о студентах, о группах студентов, о специальностях, о курсах, о дисциплинах и т.д.
- **КМ 5** – задача №5 - Организация и ведение информации о текущей успеваемости студентов по дисциплинам кафедр.
- **КМ 6** – задача №6 - Организация и ведение информации о сдаче зачетов и экзаменов студентами по дисциплинам, об аттестации по курсовым проектам и работам, по практикам, по дипломным проектам и работам.
- **КМ 7** – задача №7 - Формирование отчетов с информацией о студентах по факультетам, специальностям, курсам и группам.
- **КМ 8** – задача №8 - Формирование отчетных документов по успеваемости для деканата, кафедр и учебного отдела.
- **КМ 9** – задача №9 - Формирование зачетных и экзаменационных ведомостей по факультету.
- **КМ 10** – задача №10 - Формирование, выдача отчетов с информацией о факультетах, кафедрах, преподавателях, дисциплинах, успеваемости, студентах и другие.
- **КМ 11** – задача №11 - Формирование списка факультетов и специальностей, по которым обучаются студенты;
- **КМ 12** – задача №12 - Формирование списка кафедр по факультетам университета;
- **КМ 13** – задача №13 - Формирование списка преподавателей по кафедрам и по факультетам;
- **КМ 14** – задача №14 - Формирование учебного плана дисциплин по специальностям и по курсам.
- **КМ 15** – задача №15 - Формирование графика экзаменов для осенней и весенней экзаменационных сессий.
- **КМ 16** – задача №16 - Формирование, выдача и прием экзаменационных и зачетных ведомостей;
- **КМ 17** – задача №17 - Формирование, выдача и прием направлений на сдачу задолженностей по успеваемости студентами;
- **КМ 18** – задача №18 - Формирование и ведение итоговых документов по успеваемости студентов.

В качестве примера для демонстрации методики построения концептуальной модели ПрО будем рассматривать процесс построения локальных КМ для 1, 3, 4 и 5 задач из перечисленного выше списка.

Результатом данного действия является идентификация перечня локальных КМ. Вид идентификаторов определяет разработчик БД.

2.2.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СУЩНОСТЕЙ

Основная цель данного действия - это определение и документирование набора сущностей для каждой локальной КМ ПрО в табличной форме представления (см. табл. 2.6.).

В рамках этого действия определяются основные информационные объекты, которые необходимы пользователю для решения задач из каталога задач. В рамках данного действия определяются сущности, присутствующие в представлении пользователя о ПрО для рассматриваемых задач. Для определения сущностей можно использовать следующие подходы:

1. **Один из методов идентификации сущностей состоит в изучении описания задач**, в которых определяются конкретные функции пользователя в процессе решения этих задач. Из этих описаний следует извлечь все используемые в них существительные или сочетания существительного и прилагательного (например, "табельный номер преподавателя", "фамилия сотрудника", "номер дисциплины", "адрес студента", "стоимость обучения" и другие). Затем среди них выбираются самые крупные объекты (люди, города) или представляющие интерес концепции и исключаются все существительные, которые просто определяют другие объекты. Например, свойства "Табельный номер преподавателя" и "фамилия преподавателя" могут быть объединены в сводном объекте под названием "преподаватель".
2. **Альтернативный способ идентификации сущностей** состоит в поиске объектов, которые существуют независимо от других. Например, объект "преподаватель" безусловно является сущностью, потому что любой сотрудник вуза существует независимо от того, знаем мы его имя, адрес и номер телефона или нет.

Проблемы определения сущностей. В некоторых случаях выделение сущностей бывает затруднено из-за способа, посредством которого они представлены в описаниях. Зачастую пользователи, излагая свои мысли, используют примеры или аналогии. Вместо того чтобы вести разговор о некотором обобщенном работнике, они могут просто упомянуть одно или несколько имен. Бывает также, что пользователи заменяют имена работников или название предприятия выполняемыми ими обязанностями или оказываемыми услугами. В этом случае они могут упоминать либо должность работника, либо выполняемые им функции – например, "лектор", "преподаватель" или "ассистент".

Синонимами называются слова, сходные по смыслу, но различные по звучанию и написанию, – например, "отделение" и "факультет".

Омонимы – это слова, одинаковые по написанию и звучанию, но имеющие различные смысловые значения, причем реальное значение в каждом конкретном случае можно установить только по контексту. Так, слово "программа" может обозначать курс обучения, предстоящую серию последовательных событий, план предстоящей работы и даже последовательность телепередач.

Далеко не всегда очевидно то, чем является определенный объект – сущностью, связью или атрибутом. Например, как следует классифицировать семейный брак? На практике брак можно вполне обоснованно отнести к любой из упомянутых категорий. Анализ является субъективным процессом, поэтому различные разработчики могут создавать разные, но вполне допустимые интерпретации одного и того же факта. Выбор варианта в значительной степени зависит от здравого смысла и опыта исполнителя.

Разработчики БД должны ограничить ПрО рамками того взгляда на мир и существующие в нем категории, которые задаются контекстом ПрО и создаваемого для него приложения.

Весьма вероятно, что отдельного описания с набором требований заказчика может оказаться недостаточно для выделения некоторого уникального набора сущностей. Однако серия итеративных процедур анализа всего комплекса описаний проекта, безусловно, позволит определить весь набор сущностей, необходимых для удовлетворения требований к БД системы.

Пример определения сущностей. В качестве примера для определения сущностей выбраны 1, 3, 4 и 5 задачи из ПрО «Успеваемость» [5]. Для перечисленных задач определены сущности, которые представлены в табл.2.6.

Таблица 2.6.

Описание сущностей по задачам

№ п/п	Имя сущности	Описание сущности	Псевдонимы	Особенности использования
КМ 1 - Задача 1				
1	Факультет	Факультет объединяет ряд кафедр	Подразделение университета	Один или более факультетов входят в состав университета
2	Кафедра	Подразделение факультета	Подразделение факультета	Несколько кафедр входит в состав факультета
3	Преподаватель	Сотрудник кафедры	Сотрудник	Каждый из сотрудников работает на одной из кафедр факультета
4	Специальность	Набор знаний, умений и навыков, которые студент приобретает в процессе обучения		В зависимости от формы обучения (очное, заочное) определяется длительность обучения студентов
КМ 3 - Задача 3				
5	Кафедра	Подразделение факультета	Подразделение факультета	Несколько кафедр входит в состав факультета
6	Преподаватель	Сотрудник кафедры	Сотрудник	Каждый из сотрудников работает на одной из кафедр факультета
7	Специальность	Набор знаний, умений и навыков, которые студент приобретает в процессе обучения		В зависимости от формы обучения (очное, заочное) определяется длительность обучения студентов
8	Дисциплина	Предмет, по которому проводится обучение студентов	Предмет	Дисциплина может состоять из лекций, практических и лабораторных занятий.
9	Лекции	Вид занятий, на котором лектор излагает знания для всего курса		Вид учебной нагрузки по дисциплине
10	ПЗ	Вид занятий, который проводится преподавателем для отдельной группы студентов		Вид учебной нагрузки по дисциплине, в рамках которого проводится практическое закрепление лекционного материала
КМ 4 - Задача 4				
11	Курс	Часть студентов по специальности		Обучение по каждой из специальностей разделено на несколько курсов обучения
12	Группа	Организационно самостоятельная часть курса студентов		Каждый курс может состоять из нескольких групп. Размер группы регламентируется нормативными документами

Продолжение табл 2.6.

13	Подгруппа	Часть группы, с которой проводятся ЛР или другие виды занятий		Группа состоит из нескольких подгрупп. Размер регламентируется нормативными документами
14	Студент	Человек, который обучается на конкретной специальности	Учащийся	Каждый студент входит только в одну из групп
КМ 5 - Задача 5				
15	Курс	Часть студентов по специальности		Обучение по каждой из специальностей разделено на несколько курсов обучения
16	Группа	Организационно самостоятельная часть курса студентов		Каждый курс может состоять из нескольких групп. Размер группы регламентируется нормативными документами
17	Подгруппа	Часть группы, с которой проводятся ЛР или другие виды занятий		Группа состоит из нескольких подгрупп. Размер регламентируется нормативными документами
18	Студент	Человек, который обучается на конкретной специальности	Учащийся	Каждый студент входит только в одну из групп
19	Дисциплина	Предмет, по которому проводится обучение студентов	Предмет	Дисциплина может состоять из лекций, практических и лабораторных занятий.
20	Лекции	Вид занятий, на котором лектор излагает знания для всего курса		Вид учебной нагрузки по дисциплине
21	ПЗ	Вид занятий, который проводится преподавателем для отдельной группы студентов		Вид учебной нагрузки по дисциплине, в рамках которого проводится практическое закрепление лекционного материала
22	Дисциплина	Предмет, по которому проводится обучение студентов	Предмет	Дисциплина может состоять из лекций, практических и лабораторных занятий.
23	Лекции	Вид занятий, на котором лектор излагает знания для всего курса		Вид учебной нагрузки по дисциплине
24	ПЗ	Вид занятий, который проводится преподавателем для отдельной группы студентов		Вид учебной нагрузки по дисциплине, в рамках которой проводится практическое закрепление лекционного материала
25	ЛР	Вид занятий, который проводится преподавателем для отдельной подгруппы студентов		Вид учебной нагрузки по дисциплине, в рамках которой студенты самостоятельно выполняют лабораторные работы
26	Успеваемость по ПЗ	Журнал успеваемости по ПЗ		На каждом ПЗ студент может быть аттестован
27	Успеваемость по ЛР	Журнал успеваемости по ПЗ		Каждая ЛР студента должна быть аттестована

Примечание: в таблице использованы следующие сокращения:

- ЛР – лабораторная работа;
- ПЗ – практическое занятие.

Документирование сущностей. После определения списка сущностей для каждой из задач характеристики сущности (имя, описание и т.д.) необходимо задокументировать в табличном виде (см. табл.2.6). Если сущность известна пользователям под разными именами, все дополнительные имена рекомендуется определить как псевдонимы (алиасы, синонимы).

Результатом данного действия является описание выявленного перечня сущностей для всех локальных КМ ПрО. Пример формы представления описания сущностей приведен в табл.2.6. По усмотрению разработчиков, данная таблица может быть представлена не по отдельным задачам, а в виде единого описания сущностей, когда для каждой сущности перечисляются задачи, в которых она используется (см.табл.2.7). Этот подход используется, когда сущности с одинаковыми названиями в разных моделях совпадают.

Таблица 2.7.

Описание сущностей

№ п/п	Имя сущности	Описание сущности	Псевдонимы	Особенности использования	Номера задач, в которых исп. сущности
1	Факультет	Факультет объединяет ряд кафедр	Подразделение университета	Одно или более факультетов входят в состав университета	1
2	Кафедра	Подразделение факультета	Подразделение факультета	Несколько кафедр входит в состав факультета	1, 3
3	Преподаватель	Сотрудник кафедры	Сотрудник	Каждый из сотрудников работает на одной из кафедр факультета	1, 3, 5
4	Специальность	Набор знаний, умений и навыков, которые студент приобретает в процессе обучения		В зависимости от формы обучения (очное, заочное) определяется длительность обучения студентов	1, 3, 4
5	Курс	Часть студентов по специальности		Обучение по каждой из специальностей разделено на несколько курсов обучения	4, 5
6	Группа	Организационно самостоятельная часть курса студентов		Каждый курс может состоять из нескольких групп. Размер группы регламентируется нормативными документами	4, 5
7	Подгруппа	Часть группы, с которой проводятся ЛР или другие виды занятий		Группа состоит из нескольких подгрупп. Размер регламентируется нормативными документами	4, 5
8	Студент	Человек, который обучается на конкретной специальности	Учащийся	Каждый студент входит только в одну из групп	4, 5
9	Дисциплина	Предмет, по которому проводится обучение студентов	Предмет	Дисциплина может состоять из лекций, практических и лабораторных занятий.	3, 4, 5
10	Лекции	Вид занятий, на котором лектор излагает знания для всего курса		Вид учебной нагрузки по дисциплине	3, 4, 5
11	ПЗ	Вид занятий, который проводится преподавателем для отдельной группы студентов		Вид учебной нагрузки по дисциплине, в рамках которого проводится практическое закрепление лекционного материала	3, 4, 5
12	ЛР	Вид занятий, который проводится преподавателем для отдельной подгруппы студентов		Вид учебной нагрузки по дисциплине, в рамках которой студенты самостоятельно выполняют лабораторные работы	3, 4, 5
13	Успеваемость по ПЗ	Журнал успеваемости по ПЗ		На каждом ПЗ студент может быть аттестован	5
14	Успеваемость по ЛР	Журнал успеваемости по ПЗ		Каждая ЛР студента должна быть аттестована	5

2.2.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВЯЗЕЙ

Основная цель данного действия - это определение и документирование связей, которые существуют между отдельными сущностями в рамках каждой локальной КМ ПрО. Документирование реализуется в табличной форме представления (см. табл. 2.8.).

В рамках данного действия определяются существенные (важнейшие) связи, существующие между сущностями, которые выделены в рамках предыдущего действия (см. п. 2.2.2.).

Процесс определения связей включает:

1. Определение связей между сущностями.
2. Определение кардинальности связей и ограничений.

Определение связей между сущностями. Одним из методов определения связей между сущностями является выборка всех выражений, в которых содержатся глаголы. Например:

- Несколько кафедр **входят** в состав факультета.
- Дисциплина может **состоять** из лекций/
- Студент **входит** в одну из групп.

Тексты различных описаний (объекта автоматизации, задач и словаря данных, а также другие описания) содержат информацию о некоторых связях. Это позволяет предположить, что эти связи являются весьма важными для ПрО. Поэтому они обязательно должны быть отображены в создаваемой модели.

Нас интересуют только те связи между сущностями, которые необходимы для решения поставленных задач. В большинстве случаев связи являются парными — другими словами, связи существуют только между двумя сущностями. Однако следует проявлять осторожность и тщательно проверять наличие в проекте комплексных связей, объединяющих более двух различных сущностей, а также рекурсивных связей, существующих между сущностями одного и того же типа. Особое внимание следует уделять проверке того, были ли выделены все связи, явно или неявно присутствующее в документации на проект [5].

В принципе, каждую из возможных пар сущностей было бы полезно проверить на наличие между ними некоторой связи, однако в крупных системах, включающих сотни сущностей, эта задача может оказаться чрезвычайно трудоемкой. Но вообще отказываться от выполнения подобных проверок неразумно, к тому же ответственность за печальные последствия этого отказа придется нести проектировщикам. Так или иначе, все пропущенные связи будут обязательно выявлены позже, при проведении проверки возможности выполнения задач, необходимых пользователю.

Определение кардинальности связей и ограничений, накладываемых на его участников. Установив связи, которые будут иметь место в создаваемой модели, необходимо определить кардинальность каждой из них. Каждая связь может иметь кардинальность либо "один к одному" (1:1), либо "один ко многим" (1:N), либо "многие ко многим" (N:M).

Если известны конкретные значения кардинальности или хотя бы верхний или нижний предел этих значений, то эту информацию обязательно нужно зафиксировать в документации. Кроме того, следует проанализировать степень участия каждой из сущностей в конкретной связи. Степень участия может быть либо полной (тотальной), либо частной.

Модель, включающая сведения о кардинальности связей и степени участия в ней сторон, более наглядно отражает смысл установленных связей. Кроме того, кардинальность связи и степень участия в ней сторон представляют собой определенные ограничения, используемые для проверки и поддержания качества данных в базе.

Эти ограничения являются теми утверждениями о свойствах экземпляров сущностей, которые могут быть проверены при изменении данных в базе с целью определения того, вызовут ли данные изменения нарушение установленных правил.

В качестве примера приведем описание связей между сущностями для **КМ 1**, **КМ 3**, **КМ 4** и **КМ 5**, которые представлены в табл.2.8.

Таблица 2.8.

Описание связей по задачам

№ п/п	Имя сущности	Имя связи	Имя сущности	Кардинальность
КМ 1 – Задача №1				
1	Факультет	Входит в	Кафедра	1:N
2	Кафедра	Работает на	Преподаватель	1:N
3	Кафедра	Готовит	Специальность	1:N
КМ 3 – Задача №3				
4	Кафедра	Работает на	Преподаватель	1:N
5	Кафедра	Готовит	Специальность	1:N
6	Кафедра	Проводит	Дисциплина	1:N
7	Преподаватель	Читает	Лекции	1:N
8	Преподаватель	Проводит ПЗ	ПЗ	1:N
9	Преподаватель	Проводит ЛР	ЛР	1:N
10	Дисциплина	Включает лекции	Лекции	1:N
11	Дисциплина	Включает ПЗ	ПЗ	1:N
12	Дисциплина	Включает ЛР	ЛР	1:N
13	Специальность	Изучается	Дисциплина	1:N
КМ 4 – Задача №4				
14	Специальность	Проводит	Дисциплина	1:N
15	Дисциплина	Включает лекции	Лекции	1:N
16	Дисциплина	Включает ПЗ	ПЗ	1:N
17	Дисциплина	Включает ЛР	ЛР	1:N
18	Специальность	Имеет	Курс	1:N
19	Курс	Слушает	Лекции	1:N
20	Курс	Состоит	Группа	1:N
21	Группа	Выполняет ПЗ	ПЗ	1:N
22	Группа	Является частью	Подгруппа	1:N
23	Подгруппа	Выполняет ЛР	ЛР	1:N
24	Подгруппа	Включает	Студент	1:N
КМ 5 – Задача №5				
25	Преподаватель	Читает	Лекции	1:N
26	Преподаватель	Проводит ПЗ	ПЗ	1:N
27	Преподаватель	Проводит ЛР	ЛР	1:N
28	Дисциплина	Включает лекции	Лекции	1:N
29	Дисциплина	Включает ПЗ	ПЗ	1:N
30	Дисциплина	Включает ЛР	ЛР	1:N
31	ПЗ	Аттестация ПЗ	Успеваемость по ПЗ	1:N
32	ЛР	Аттестация ЛР	Успеваемость по ЛР	1:N
33	Курс	Слушает	Лекции	1:N
34	Курс	Состоит	Группа	1:N
35	Группа	Выполняет ПЗ	ПЗ	1:N
36	Группа	Является частью	Подгруппа	1:N
37	Подгруппа	Выполняет ЛР	ЛР	1:N
38	Подгруппа	Включает	Студент	1:N
39	Студент	Оценки по ПЗ	Успеваемость по ПЗ	1:N
40	Студент	Оценки по ЛР	Успеваемость по ЛР	1:N

Результатом данного действия является определение и документирование набора связей между сущностями в рамках рассматриваемых локальных КМ из ПрО. Пример описания связей приведен в табл.2.8.

Аналогично таблицам описания сущностей (см. табл.2.6 и табл.2.7) описание связей также можно представить в виде общего списка (см. табл.2.9), если компоненты связей совпадают (имена участвующих сущностей, имя связи и кардинальность) между собой в разных задачах или локальных КМ.

Таблица 2.9.

Описание связей

№ п/п	Имя сущности	Имя связи	Имя сущности	Кардинальность	Номера задач
1	Факультет	Входит в	Кафедра	1:N	1
2	Кафедра	Работает на	Преподаватель	1:N	1, 3
3	Кафедра	Готовит	Специальность	1:N	1, 3
4	Кафедра	Проводит	Дисциплина	1:N	3
5	Преподаватель	Читает	Лекции	1:N	3, 5
6	Преподаватель	Проводит ПЗ	ПЗ	1:N	3, 5
7	Преподаватель	Проводит ЛР	ЛР	1:N	3, 5
8	Дисциплина	Включает лекции	Лекции	1:N	3, 4, 5
9	Дисциплина	Включает ПЗ	ПЗ	1:N	3, 4, 5
10	Дисциплина	Включает ЛР	ЛР	1:N	3, 4, 5
11	ПЗ	Аттестация ПЗ	Успеваемость по ПЗ	1:N	5
12	ЛР	Аттестация ЛР	Успеваемость по ЛР	1:N	5
13	Специальность	Изучается	Дисциплина	1:N	3, 4
14	Специальность	Имеет	Курс	1:N	4
15	Курс	Слушает	Лекции	1:N	4, 5
16	Курс	Состоит	Группа	1:N	4, 5
17	Группа	Выполняет ПЗ	ПЗ	1:N	4, 5
18	Группа	Является частью	Подгруппа	1:N	4, 5
19	Подгруппа	Выполняет ЛР	ЛР	1:N	4, 5
20	Подгруппа	Включает	Студент	1:N	4, 5
21	Студент	Оценки по ПЗ	Успеваемость по ПЗ	1:N	5
22	Студент	Оценки по ЛР	Успеваемость по ЛР	1:N	5

2.2.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ АТРИБУТОВ И СВЯЗЫВАНИЕ ИХ С СУЩНОСТЯМИ И СВЯЗЯМИ

Основная цель данного действия - это определение и документирование атрибутов, которые определяют свойства сущностей и связей между ними. Документирование атрибутов реализуется в табличной форме представления (см.табл.2.10).

На данном этапе определяются все атрибуты, описывающие сущности и связи, выделенные в создаваемой модели БД. Рекомендует применять те же подходы, которые использовались для определения сущностей. Выберем все существительные и содержащие их фразы, присутствующие в описаниях задач в требованиях на БД АСОИ [5]. Выбранное существительное представляет атрибут в том случае, если оно описывает

свойство, качество, идентификатор или характеристику некоторой сущности или связи.

Самым простым методом выделения атрибутов — после идентификации очередной сущности или связи в некотором описании задать себе следующий вопрос: "**Какую информацию требуется хранить о сущности**". Ответ на этот вопрос надо искать в тексте описаний (задач, словаре данных). В некоторых случаях может оказаться полезным попросить пользователей уточнить их требования. К сожалению, пользователи часто дают ответы, содержащие избыточные концепции, поэтому каждый полученный ответ пользователя подлежит самому строгому анализу.

Кроме этого, для определения набора атрибутов, которые необходимо хранить в БД АСОИ должен быть проведен анализ выходных данных (результатов решения) задач. Для этого необходимо иметь представление об алгоритмах решения задач и путем анализа выходных данных и алгоритмов решения задач определить тот перечень атрибутов, который необходимо хранить в БД. Это достаточно трудоемкий, но надежный способ определения атрибутов.

Атрибуты простые и составные. Важно отметить, что каждый атрибут может быть либо простым, либо составным.

Составные атрибуты представляют собой набор простых атрибутов. Например, атрибут **Адрес** может быть простым и представлять все элементы адреса как текстовое значение: "**224000 г.Брест, ул.Московская, 365**". В другом варианте этот же атрибут может быть представлен как составной, т.е. состоящий из серии простых атрибутов, содержащих различные элементы адреса. В этом случае то же самое значение может быть разделено на такие атрибуты, как **Улица (Московская)**, **Город (Брест)** и **Почтовый индекс (224000)**.

Выбор способа представления адреса в виде простого или составного атрибута определяется требованиями, предъявляемыми к приложению пользователем. Если пользователь не нуждается в доступе к отдельным элементам адреса, то его целесообразно представить как простой атрибут. Но если пользователю потребуется независимый доступ к отдельным элементам адреса, то атрибут **Адрес** следует сделать составным, обретенным из необходимого количества простых атрибутов.

На данном этапе важно идентифицировать все простые атрибуты, которые должны быть представлены в концептуальной модели БД, включая и те, которые впоследствии будут использованы для создания составных атрибутов.

Производные атрибуты. Атрибуты, значения которых могут быть установлены с помощью значений других атрибутов, называются **производными**, или **вычисляемыми**. Например: количество работников данного отделения предприятия; возраст работника; общая сумма зарплаты всего персонала данного отделения предприятия; количество объектов недвижимости, которыми занимается персонал данного отделения предприятия.

Документирование атрибутов. Каждому выявленному атрибуту следует присвоить осмысленное имя, понятное пользователям. О каждом атрибуте сущности рекомендуется в документацию помещать следующие сведения:

- имя атрибута и его описание;
- любые алиасы, или синонимы, имеющиеся для данного атрибута;
- тип данных и размерность значения;
- значение, принимаемое для атрибута по умолчанию (если таковое имеется);

- является ли атрибут обязательным (т.е. может ли он отсутствовать или иметь значение NULL);
- является ли атрибут составным и, если это так, из каких простых атрибутов он состоит;
- является ли данный атрибут производным и, если это так, какой метод следует использовать для вычисления его значения;
- является ли данный атрибут множественным.

В качестве примера приведем описание нескольких атрибутов, которые представлены в табл.2.10. В связи с тем, что размер таблицы зависит от количества сущностей и количества атрибутов по каждой сущности, то целесообразно данную таблицу организовывать аналогично табл.2.7.

Таблица 2.10.

Описание атрибутов

№ п/п	Имя сущности или связи	Атрибут	Описание	Тип данных	Ограничения	Значение по умолчанию	Псевдоним	Допустимость NULL	Производный
1	Факультет	Номер факультета	Уникальный идентификатор	Числовой	Первичный ключ			Нет	Нет
2		Название факультета		Текстовый				Нет	Нет
3		Сокращенное название факультета		Текстовый				Нет	Нет
4		ФИО декана		Текстовый				Нет	Нет
5		Номер телефона				Альтернативный ключ		Нет	Нет
6	Кафедра	Номер кафедры	Уникальный идентификатор	Числовой	Первичный ключ			Нет	Нет
7		Название кафедры		Текстовый				Нет	Нет
8		Сокращенное название кафедры		Текстовый				Нет	Нет
8		ФИО завкафедрой		Текстовый				Нет	Нет
9		Номер телефона			Числовой	Альтернативный ключ		Нет	Нет
10		Номер аудитории		Числовой				Нет	Нет
11	Группа	Номер группы	Уникальный идентификатор	Числовой	Первичный ключ			Нет	Нет
12		Название группы		Текстовый				Нет	Нет
13		Количество студентов в группе		Числовой	До 30			Нет	Нет
14		ФИО старосты группы		Текстовый				Нет	Нет

Результатом данного действия является определение и документирование набора атрибутов для сущностей и связей КМ БД в виде единой таблицы (см. табл.2.10).

2.2.5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОМЕНОВ АТТРИБУТОВ

Основная цель данного действия - это определение доменов (области значений атрибутов) для атрибутов сущностей и связей КМ и их документирование. Документирование реализуется в табличной форме представления (см. табл.2.11.).

На данном этапе определяются области значения атрибутов для всех атрибутов сущностей, представленных в КМ ПрО пользователя.

Документирование доменов атрибутов. Пример описания доменов приведен в табл.2.11. Определение доменов включает описание имен атрибутов, характеристик формата и размера домена, а также примеры допустимых значений доменов

Таблица 2.11.

Описание доменов

№ п/п	Имя домена	Характеристики домена	Примеры допустимых значений
1	Номер кафедры	Целое число	От 1 до 99
2	Номер факультета	Целое число	От 1 до 16
3	Номер телефона	Целое число	От 22 0001 до 99 99 99
4	Пол	Строка длиной в один символ (значения М или Ж)	М или Ж
5	Аудитории	Целое значение в диапазоне	От 1 до 512

Результатом данного действия является определение набора и характеристик доменов атрибутов. Пример описания доменов приведен в табл.2.11.

2.2.6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ И ПЕРВИЧНЫХ КЛЮЧЕЙ

Основная цель данного действия - это определение и документирование потенциальных и первичных ключей для каждой сущности в рамках каждой локальной КМ ПрО. Документирование реализуется в табличной форме представления (см.табл.2.12.).

На данном этапе определяются все потенциальные ключи для каждой сущности и, если таких ключей окажется несколько, выбор среди них первичного ключа.

Определение потенциальных ключей и выбор первичного ключа. На этом этапе для каждой сущности устанавливается потенциальный ключ (или ключи), после чего осуществляется выбор первичного ключа. Для некоторых сущностей возможно наличие нескольких потенциальных ключей. В этом случае среди них нужно выбрать один ключ, который будет называться первичным ключом. Все остальные потенциальные ключи будут называться альтернативными ключами. При выборе первичного ключа среди нескольких потенциальных руководствуйтесь приведенными ниже рекомендациями.

- Используйте потенциальный ключ с минимальным набором атрибутов.
- Используйте тот потенциальный ключ, вероятность изменения значений которого минимальна.
- Выбирайте тот потенциальный ключ, который имеет минимальную вероятность потери уникальности значений в будущем.
- Используйте потенциальный ключ, значения которого имеют минимальную длину (в случае текстовых атрибутов).
- Остановите свой выбор на потенциальном ключе, с которым будет проще всего работать (с точки зрения пользователя).

В процессе определения первичного ключа устанавливается, является данная сущность сильной или слабой. Если выбрать первичный ключ для данной сущности оказалось возможным, то такую сущность принято называть сильной. И наоборот, если выбрать первичный ключ для заданной сущности невозможно, то ее называют слабой. Таким образом, первичный ключ слабой сущности можно будет определить только после отображения этой слабой сущности и ее связи с сущностью-владельцем в отношении, в котором упомянутая связь моделируется посредством помещения в данное отношение соответствующего внешнего ключа.

Документирование первичных и альтернативных ключей

После выбора первичных и альтернативных ключей сведения о них документируют в виде таблицы (см. табл.2.12), которая является общей для всей КМ ПрО.

Таблица 2.12.

Описание ключей

№ п/п	Имя сущности	Первичный ключ	Альтернативный ключ
1	Факультет	Код факультета	Номер телефона деканата
2	Кафедра	Код кафедры	Номер телефона кафедры
3	Преподаватель	Табельный номер преподавателя	Номер паспорта Номер домашнего телефона
4	Специальность	Номер специальности	Код специальности
5	Курс	Код курса	
6	Группа	Код группы	
7	Подгруппа	Код подгруппы	
8	Студент	Номер зачетной книжки студента	Номер паспорта
9	Дисциплина	Код дисциплины	
10	Лекции	Код лекции	
11	ПЗ	Код ПЗ	
12	ЛР	Код ЛР	
13	Успеваемость по ПЗ	Код	
14	Успеваемость по ЛР	Код	

Результатом данного действия является определение и документирование набора ключей для сущностей КМ из ПрО (пример см. табл.2.12).

2.2.7. ПОСТРОЕНИЕ ДИАГРАММЫ «СУЩНОСТЬ-СВЯЗЬ» ДЛЯ ОТДЕЛЬНОЙ ЗАДАЧИ

Основная цель данного действия - это построение диаграмм «сущность-связь» для каждой локальной КМ. Документирование локальных КМ реализуется в графической форме (примеры см. рис.2.7 – рис.2.10).

Результаты концептуального проектирования по каждой отдельной задаче пользователя представляются в виде КМ диаграммы "сущность-связь". При этом используются графические обозначения элементов этой диаграммы (сущностей и связей между ними), которые рассмотрены в п.2.1. настоящего документа.

В качестве примера для построения диаграмм рассмотрим задачи 1, 3, 4 и 5 (см. прил.1) из списка задач, автоматизацию которых должна обеспечить АСОИ «Успеваемость». Для каждой отдельной задачи разработана отдельная локальная концептуальная модель – КМ1, КМ3, КМ4 и КМ5, представленные соответственно на рис.2.7 – рис.2.10. Следует отметить, что на данных диаграммах представлены только элементы типа сущности и связи между ними.

ПРИМЕР ПОСТРОЕНИЯ КМ 1

Краткое описание задачи 1. Организация и ведение (добавление, редактирование, удаление, документирование) информации о факультетах, о кафедрах, о преподавателях кафедр, о специальностях по которым обучаются студенты в вузе. Каждый преподаватель работает на одной из кафедр факультета. Отдельная кафедра водит в состав одного из факультетов вуза. Выпускающие и общеобразовательные кафедры готовят (обучают) студентов по определенным специальностям.

ДИАГРАММА «СУЩНОСТЬ-СВЯЗЬ» ДЛЯ ЗАДАЧИ 1 - КМ 1:



Примечание: На данной диаграмме (рис.2.7) и на других диаграммах (рис.2.8 – рис.2.10, рис.4.6 – рис.4.8) практикума все связи между сущностями имеют кардинальность 1:N, поэтому они обозначены только направлением связи в виде стрелок.

Рис.2.7. Диаграмма «сущность-связь» задачи 1

ПРИМЕР ПОСТРОЕНИЯ КМ 3

Краткое описание задачи 3. Организация и ведение (добавление, редактирование, удаление, документирование) информации по дисциплинам специальности и по отдельным видам учебной нагрузки (лекции, практические занятия, лабораторные работы) этих дисциплин, которые закреплены за преподавателями определенных кафедр. По каждой специальности изучается определенное количество дисциплин (определяются учебным планом). Каждая кафедра проводит для студентов закрепленные за кафедрой дисциплины. Отдельная дисциплина может включать такие виды учебной нагрузки, как лекции, лабораторные работы и практические занятия. Преподаватели, которые работают на кафедрах, читают лекции, проводят практические занятия и лабораторные работы.

Примечание: при описании данной и остальных задач в п.2.7.7, те сведения, которые являются общими для разных задач при описании не повторяются.

ДИАГРАММА «СУЩНОСТЬ-СВЯЗЬ» ДЛЯ ЗАДАЧИ 3 – КМ 3:

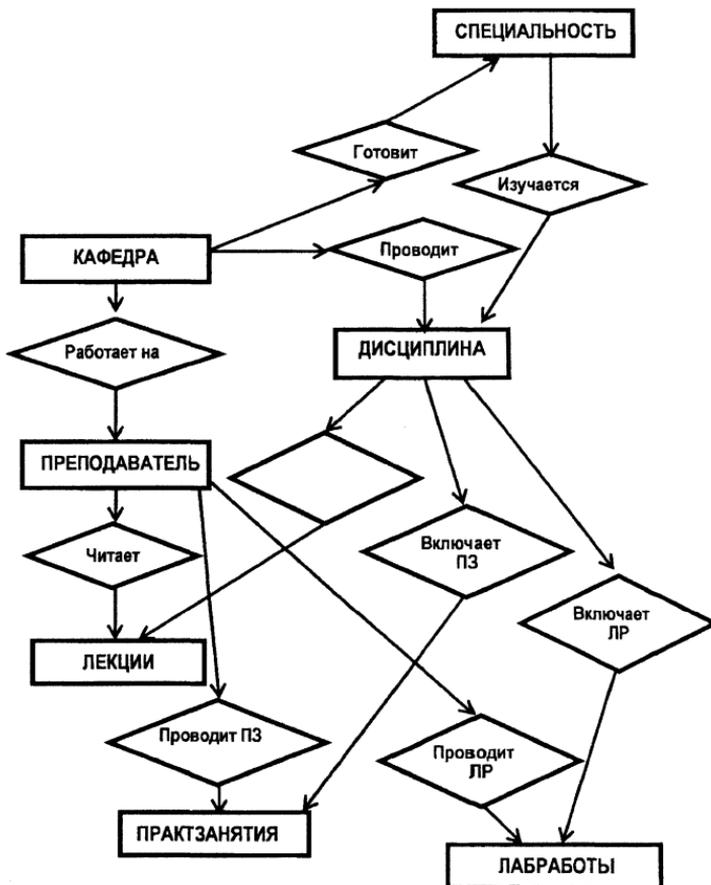


Рис.2.8. Диаграмма «сущность-связь» для задачи 3

ПРИМЕР ПОСТРОЕНИЯ КМ 4

Краткое описание задачи 4. Организация и ведение (добавление, редактирование, удаление, документирование) информации о студентах, о группах и подгруппах (например, для проведения лабораторных работ) студентов, о курсах и специальностях и о видах занятий, которые проводят преподаватели по определенным дисциплинам. Процесс обучения по отдельной специальности состоит (имеет) из нескольких курсов (будем рассматривать только стационарное 5-ти летнее обучение). Отдельный курс состоит из определенного количества студенческих групп. Отдельная студенческая группа может состоять из нескольких подгрупп. Отдельный студент обучается по выбранной специальности на определенном курсе и в определенной группе. Учебные занятия для студентов организованы следующим образом. Лекции обычно проводятся для всего курса, т.е. курс слушает лекции. Практические занятия проводятся отдельно для каждой группы. Лабораторные работы проводятся (выполняются) отдельно для каждой подгруппы.

ДИАГРАММА «СУЩНОСТЬ-СВЯЗЬ» ДЛЯ ЗАДАЧИ 4 – КМ 4:

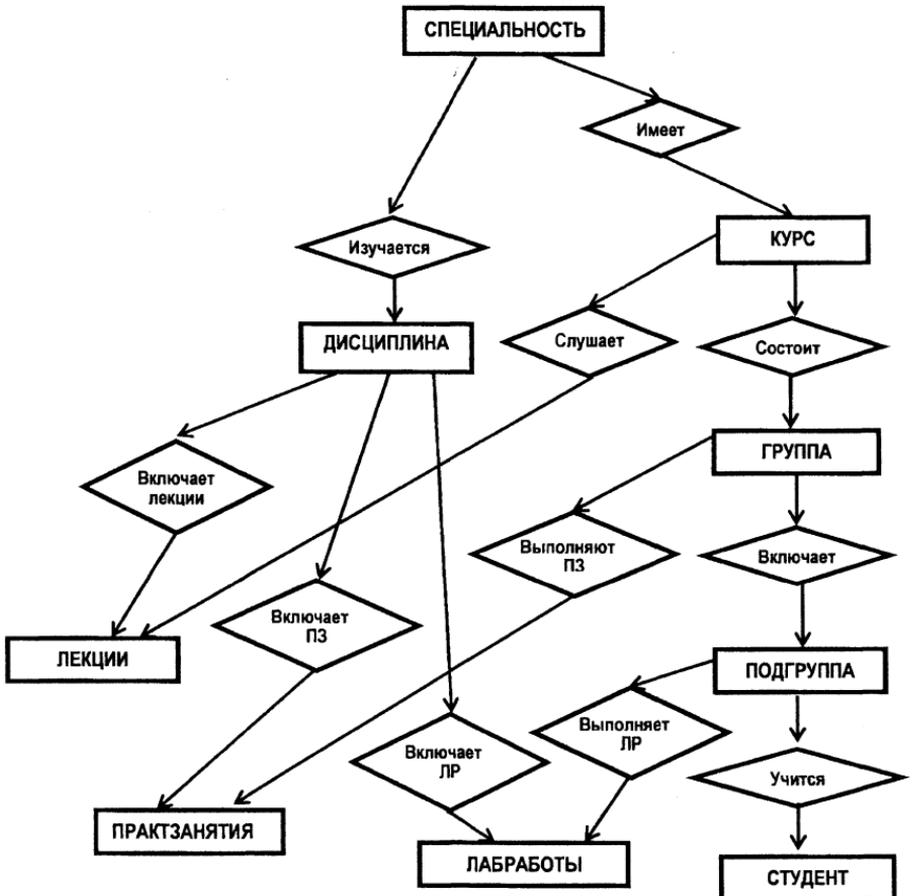


Рис.2.9. Диаграмма «сущность-связь» для задачи 4

ПРИМЕР ПОСТРОЕНИЯ КМ 5

Краткое описание задачи 5. Организация и ведение (добавление, редактирование, удаление, документирование) информации о текущей успеваемости студентов (по курсам, группам и подгруппам) по видам учебной нагрузки (например, по практическим занятиям и по лабораторным работам), которые проводят преподаватели по определенным дисциплинам. По каждой дисциплине и по каждому виду учебной нагрузки (практические занятия и лабораторные работы) каждый преподаватель ведет журнал успеваемости по группе (для практических занятий) и по подгруппам (для лабораторных занятий). Каждый студент в этих журналах может иметь свои оценки.

ДИАГРАММА «СУЩНОСТЬ-СВЯЗЬ» ДЛЯ ЗАДАЧИ 5 – КМ 5:

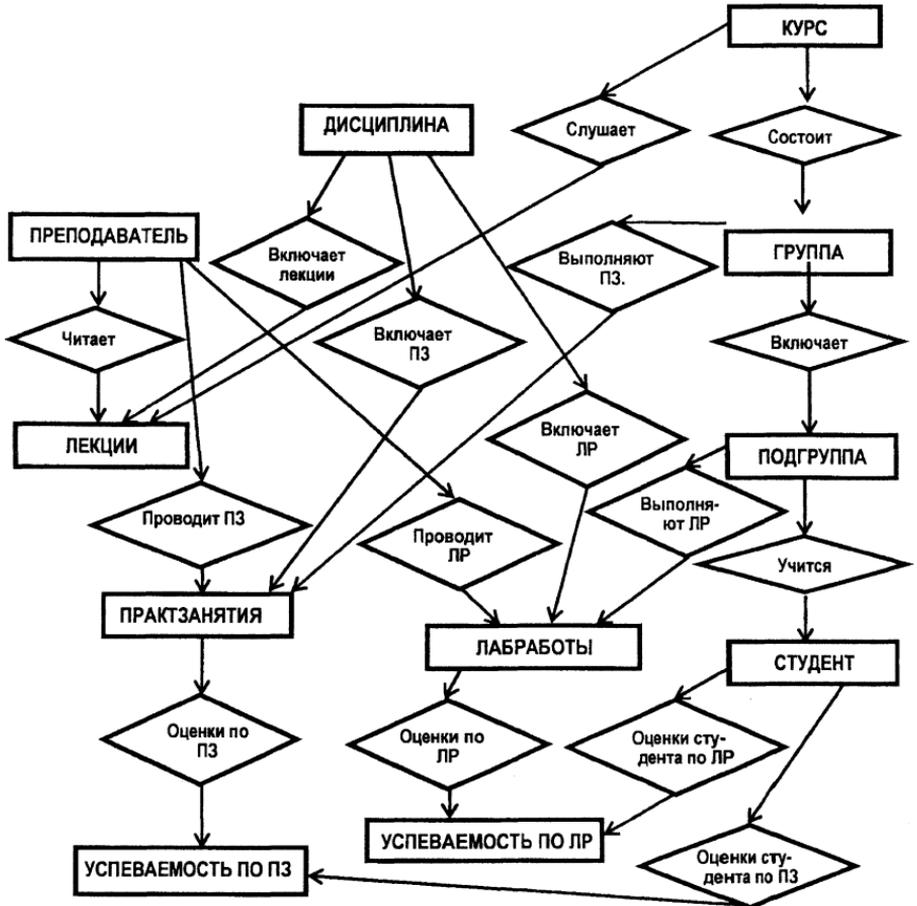


Рис.2.10. Диаграмма «сущность-связь» для задачи 5

Результатом данного действия является построение диаграмм «сущность-связь» для каждой локальной КМ, которые представлены в виде описаний сущностей, атрибутов, связей, ключей и доменов.

3. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ НА ЛАБОРАТОРНУЮ РАБОТУ «ОБЪЕДИНЕНИЕ ЛОКАЛЬНЫХ КОНЦЕПТУАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ»

ТЕМА

Объединение локальных концептуальных моделей БД для АСОИ.

ЦЕЛЬ

Сформировать знания и практические умения необходимые для объединения локальных КМ в единую концептуальную модель БД АСОИ.

ЗАДАЧИ

Для проектируемой БД АСОИ решить следующие задачи:

1. Объединить созданные локальные КМ в единую КМ пользователя;
2. Создать единую диаграмму «сущность-связь» для КМ пользователя;
3. Уточнить описание компонентов единой КМ (сущностей, атрибутов, доменов, связей и ключей)
4. Документировать результаты выполнения задач 1-3.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Результаты проектирования локальных КМ для БД АСОИ в виде описаний:

- Графических представлений локальных концептуальных моделей в виде диаграмм «сущность-связь»;
- Табличных описаний компонентов КМ (сущностей, атрибутов, доменов, связей и ключей).

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить теоретическую часть лабораторной работы (см.п.4.).
2. Ответить на контрольные вопросы.
3. Изучить методику и примеры объединения концептуальных моделей (см.п.4 и приложения).
4. Решить задачи перечисленные выше.
5. Оформить результаты выполнения лабораторной работы.
6. Защитить у преподавателя результаты выполнения лабораторной работы.

РЕЗУЛЬТАТ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Отчет по лабораторной работе должен содержать следующие результаты:

1. Графическое представление единой КМ БД в виде диаграммы «сущность-связь».
2. Уточненное описание единой КМ пользователя в виде совокупности следующих таблиц:
 - Описание сущностей;
 - Описание связей;
 - Описание атрибутов;
 - Описание доменов;
 - Описание ключей.

4. КОНЦЕПЦИЯ ОБЪЕДИНЕНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ КМ

Существует три основополагающие концепции, которые рекомендуется использовать при объединении локальных КМ [3] в единую концептуальную модель: объединение идентичностей, агрегация и обобщение.

ИДЕНТИЧНЫМИ называются те элементы, у которых семантические значения совпадают. Описание отношения идентичности является объявлением двух и более элементов синонимами.

АГРЕГАЦИЯ соответствует концепции объединения, позволяющей рассматривать связь между элементами как новый элемент более высокого порядка.

ОБОБЩЕНИЕ относится к типу абстракции, в которой группа подобных элементов воспринимается как родовой элемент, при этом различия между отдельными элементами опускаются.

Общая схема процесса объединения локальных КМ или КМ отдельных задач для отдельного типа пользователя в единую КМ представлена на рис.4.1. Следует отметить, что отдельная локальная КМ моделирует фрагмент Про для отдельной задачи пользователя.



Рис.4.1. Схема построения КМ Про для отдельного типа пользователя

Объединение локальных КМ для отдельного пользователя реализуется по следующей схеме:

- определение порядка выбора локальных КМ для объединения;
- объединение локальных КМ в единую КМ пользователя;
- разрешение противоречий.

Определение порядка выбора локальных КМ для их объединения зависит от многих факторов, в том числе и от целей на проектирование БД. В качестве критериев для упорядочения локальных КМ могут использоваться: степень важности локальных КМ; степень сложности локальных КМ; размер локальной КМ. На основе этих или других критериев все локальные КМ упорядочиваются, а затем объединяются.

Объединение локальных моделей реализуется с использованием концепции объединения идентичностей, агрегаций и обобщений. Если по каким-то причинам критерии объединения отсутствуют, то для простоты и удобства используется бинарное объеди-

нение. Это означает, что в любой момент времени объединяются только две локальных КМ, а n-арные объединения, насколько это возможно, исключаются. Процесс объединения осуществляется следующим образом. Вначале берутся два первых локальных КМ и объединяются на основе предложенных концепций объединения. Затем следующая по порядку локальная КМ сливается с только что объединенной локальной КМ. Процесс повторяется до тех пор, пока последняя локальная КМ не будет объединена со всеми предыдущими. Результатом объединения является единая КМ ПрО для отдельного пользователя.

4.1. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИДЕНТИЧНОСТЕЙ

ИДЕНТИЧНЫМИ являются два или более элементов, если они имеют одинаковые семантические значения. Для идентичных элементов не является обязательным иметь одинаковые синтаксические описания. Описать отношение идентичности - это объявить два или более элементов синонимами.

Простота концепции идентичности не определяет простоты установления синонимии элементов. Из-за неадекватности методов представления данных понимание семантики данных весьма ограничено. Обычно требуется глубокое понимание ПрО, чтобы установить существование идентичности элементов.

Задание соответствия между описаниями элементов и экземплярами этих элементов в ПрО затруднительно, поскольку образы описательных элементов в совокупности могут составлять некоторое подмножество возможных образов. В этом случае трудно определить, является ли описание элемента расплывчатым или же образы действительно представляют подмножество описания элемента. Более того, образы двух описаний элементов, которые являются кандидатами в отношении идентичности, могут образовывать пересечение вместо объединения. В таких случаях бывает трудно решить, одно или оба описания элементов способны покрыть объединение этих образов. Эти условия определяют существование скорее подобных, а не идентичных элементов. Решение вопроса, может ли подобие заменить идентичность или какое из двух отношений элементов необходимо применять на деле, требует глубокого и детального понимания ПрО и решаемых задач.

Объединение идентичностей основано на введенном выше понятии идентичности. Если элемент из одной локальной КМ идентичен элементу из другой локальной КМ, то один из этих элементов не должен принимать участие в дальнейшем процессе объединения. Это значит, что эти два элемента являются синонимами и их семантические значения совпадают. Этот подход можно применять для объединения сущностей из разных задач. Следует отметить, что при объединении сущностей могут возникать следующие проблемы:

- **несовпадение количества атрибутов** в объединяемых типах сущностях при совпадении семантических значений общих для двух сущностей атрибутов (атрибуты одной сущности являются подмножеством атрибутов другой сущности). Эта проблема решается путем введения новой сущности, которая совпадает с той сущностью, у которой больше атрибутов;

- **атрибуты одной сущности** частично **пересекаются с атрибутами другой сущности**, при условии, что пересекаемые множества атрибутов сущностей совпадают по своим семантическим значениям. В этом случае необходимо построить новую сущность, которая включала бы все атрибуты с обеих сущностей.

Пример объединения сущностей и атрибутов сущностей с использованием идентичных элементов приведён на рис.4.1. Из двух сущностей **Клиент** и **Пользователь** образована новая сущность **Арендатор**, которая определяется списком атрибутов, полученных путем объединения атрибутов из разных исходных сущностей.

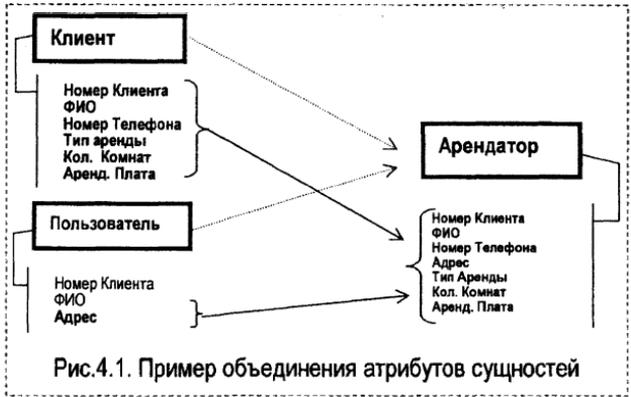


Рис.4.1. Пример объединения атрибутов сущностей

4.2. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АГРЕГАЦИЙ И ОБОБЩЕНИЙ

АГРЕГАЦИЯ. Понятие агрегация будем рассматривать связь между элементами, как новый элемент более высокого уровня. Агрегация может встретиться в одном из двух вариантов.

Первый вариант построения агрегации заключается в следующем. В одной локальной КМ определен агрегативный элемент - сущность **Vx**, а в другой локальной КМ определены – сущности **A1 ... An** в виде составных частей. Схема объединения этого процесса изображена на рис.4.2.

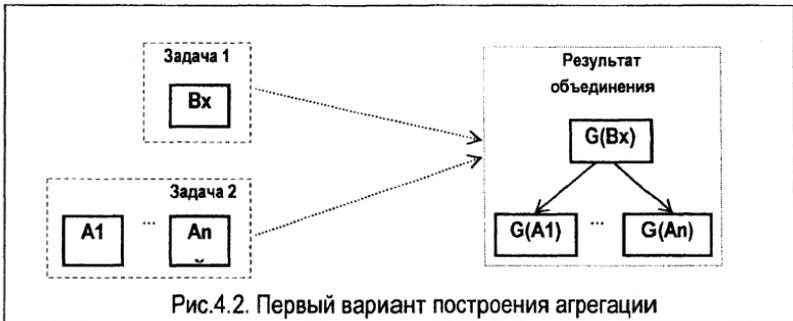


Рис.4.2. Первый вариант построения агрегации

Например, в первой КМ определен элемент сущность **Велосипед** (на рис.4.3 – элемент **Vx**), а во второй локальной КМ определены элементы – сущности **Колеса**, **Рамы**,

Рули и Сидения (на рис.4.3 – элементы $A1...An$). Объединение этих двух групп элементов позволяет определить сущность **Велосипед** ($G(Bx)$) в виде агрегации элементов **Колеса** ($G(A1)$), **Рама** ($G(A2)$), **Рули** ($G(A3)$) и **Сидения** ($G(A4)$).

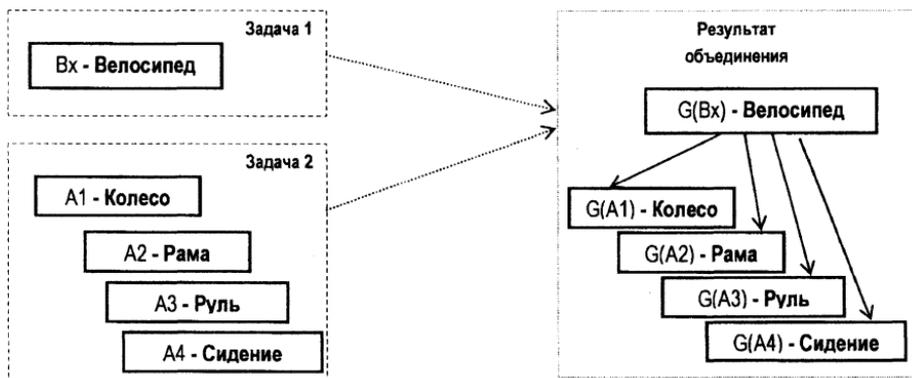


Рис.4.3. Пример агрегации первого типа

Другим примером этого варианта объединения является создание нового элемента, который агрегирует объединяемые элементы. Например, связь между элементами **Человек**, **Комната**, **Гостиница** и **Дата** можно выразить через элемент **Бронирование**. Этим самым выражается тот факт, что человек бронирует номер в гостинице на определенную дату. В этой конкретной агрегации наименования индивидуальных элементов отбрасываются, и связь именуется как целое. Таким образом, агрегацию можно рассматривать как связь между элементами, которая определяется в виде нового элемента более высокого порядка. Агрегацию можно использовать как при объединении сущностей, так и при объединении атрибутов в отдельную сущность.

Второй вариант построения агрегации. Более сложным вариантом агрегации является случай, когда ни в одном из локальных представлений до конца не определены все составные части некоего "целого". В одной локальной КМ определена совокупность элементов - сущности $A1 ... An$, а в другой локальной КМ определена совокупность сущностей - $B1 ... Bm$. Схема построения агрегации для данной совокупности элементов изображена на рис.4.4.

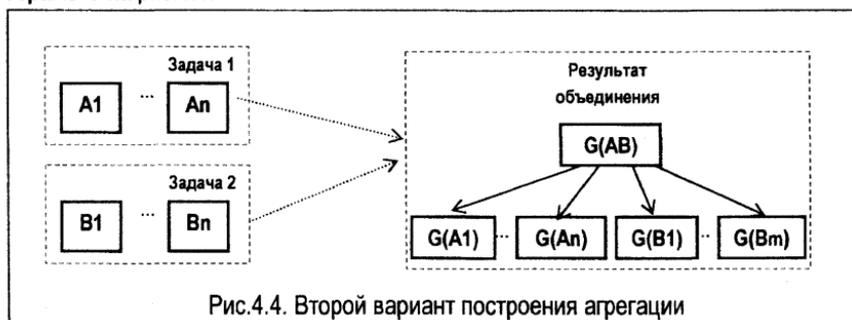


Рис.4.4. Второй вариант построения агрегации

Например, в первой локальной КМ определены элементы **Рама (A1)** и **Колеса (A2)**, а в другой - элементы **Сидения (B1)** и **Рули (B2)**. Этот тип агрегации является более трудным для рассмотрения, поскольку ни в одной из локальных КМ не определен в явном виде элемент **Велосипед**. Возможна ситуация, когда в каждой отдельной КМ перечисленные элементы необходимы, однако достаточных условий для создания элемента **Велосипед** не имеется. Вместе же эти элементы создают достаточные условия для того, чтобы элемент **Велосипед (G(AB))**, полученный в результате логического слияния данных, связал между собой эти два набора элементов. Пример построения агрегации по второму варианту приведен на рис.4.5.

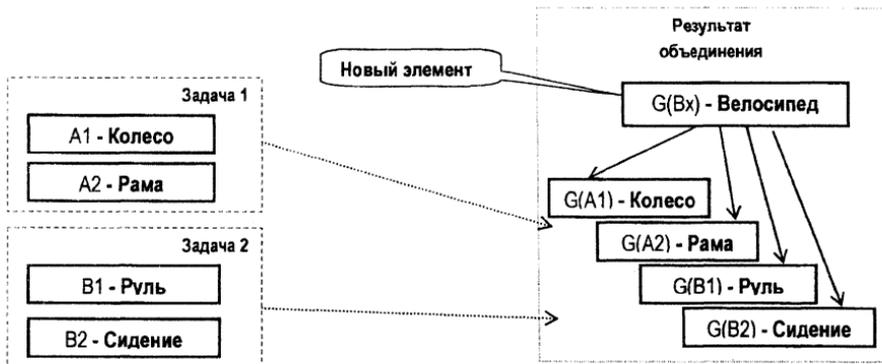


Рис.4.5. Пример агрегации второго типа

Обобщение является более сложным понятием по отношению к понятию агрегация. В то время как агрегация может быть представлена в виде составных частей, образующих некоторое «целое», обобщение связано только с «целым». Оно относится к типу абстракции, в которой группа подобных элементов воспринимается как родовой элемент, при этом различия между отдельными элементами опускаются.

ОБОБЩЕНИЕ - это вид абстракции, позволяющий на основе одних категорий строить другие, более общие. Обобщение бывает двух видов: классификация и собственно обобщение.

КЛАССИФИКАЦИЯ - это объединение экземпляров элементов в класс подобных элементов. Например, элементы **Бухгалтер**, **Инженер**, **Администратор** может быть объединено элементом **Служащий**, который представляет целый класс служащих.

Представление таких элементов, как **Служащий**, **Студент** общим типом **Личность** - есть обобщение. При этом внимание акцентируется на сходстве элементов, участвующих в объединении. Обобщенный тип обладает всеми свойствами элементов, общими для базовых экземпляров и типов. Примеры обобщений приведены в [3,4].

4.3. ОБЪЕДИНЕНИЕ ЛОКАЛЬНЫХ КМ В ГЛОБАЛЬНУЮ МОДЕЛЬ БД

Процесс объединения локальных КМ для отдельного пользователя можно реализовать по следующей схеме:

1. Слияние локальных КМ в единую глобальную КМ пользователя.
2. Проверка глобальной КМ.

Цель данного этапа – это объединить отдельные локальные КМ в единую глобальную КМ ПрО. В небольших системах, насчитывающих два-три пользовательских представления с незначительным количеством сущностей и связей, задача сравнения локальных КМ с последующим слиянием и устранением любых возможных противоречий является относительно несложной.

4.3.1. СЛИЯНИЕ ЛОКАЛЬНЫХ КМ В ГЛОБАЛЬНУЮ МОДЕЛЬ БД

Основная цель данного действия - это создание единой концептуальной модели БД путем объединения локальных концептуальных моделей, используя концепции объединения идентичностей, агрегацию и обобщение. Результаты объединения документируются в виде диаграммы «сущность-связь».

Одним из самых простых методов слияния нескольких локальных КМ в единую КМ состоит в слиянии двух локальных КМ в одну общую модель, с последующим добавлением к ней третьей локальной КМ (и т.д.). Процесс добавления к предыдущему результату очередной локальной КМ будет продолжаться то тех пор, пока все модели не будут слиты в единую глобальную КМ ПрО. Этот подход можно считать более простым, чем попытка слить все локальные модели за одну операцию.

Однако в крупных системах потребуется использовать более систематический подход. Для решения данной проблемы используется один из подобных подходов, который можно применять для выполнения слияния локальных КМ и разрешения любых возникающих при этом проблем. Предлагаемый подход предусматривает выполнение следующих действий:

1. Анализ имен сущностей и их первичных ключей.
2. Анализ имен связей.
3. Слияние общих сущностей из отдельных локальных КМ.
4. Включение (без слияния) сущностей, уникальных для каждой локальной КМ.
5. Слияние общих связей из отдельных локальных КМ.
6. Включение (без слияния) связей, уникальных для каждой локальной КМ.

Очень важно отметить, что, прежде чем приступить к созданию глобальной КМ ПрО, следует убедиться, что каждая из сливаемых локальных КМ была создана в полном соответствии с последовательностью действий, предусмотренных этапов разработки.

Анализ имен сущностей и их первичных ключей. Может оказаться полезным предварительно проанализировать имена сущностей, присутствующих в локальных КМ, - эти сведения можно найти в словаре данных. Проблемы имеют место в следующих случаях:

- если две или более сущностей имеют одно и то же имя, но на самом деле отличаются одна от другой;

- если две или более сущностей идентичны, но имеют различные имена.

Для выявления возможных проблем следует сравнить между собой составы данных сущностей каждого типа. В частности, обнаружить эквивалентные сущности с различными именами поможет сравнение их первичных ключей.

Анализ имен связей. Выполняемые действия аналогичны действиям на предыдущем этапе, т.е. на этапе анализа имен сущностей и их первичных ключей. Слияние общих сущностей из отдельных локальных КМ включает следующие действия:

1. **Слияние сущностей с одинаковыми именами и первичными ключами.** Как правило, сущности с одним и тем же первичным ключом представляют один и тот же объект реального мира и, следовательно, должны быть слиты. Объединенная сущность будет включать все атрибуты сливаемых сущностей, за исключением дублирующихся. Слияние таких сущностей осуществляется путем объединения их атрибутов, поэтому в сводной сущности будут присутствовать все атрибуты исходных сущностей. Отметим, что возможны различные конфликты, связанные со способом представления в каждой из исходных сущностей различных атрибутов. В подобной ситуации, прежде чем выбрать необходимый способ представления конфликтных данных, следует проконсультироваться с пользователями каждого из исходных представлений.
2. **Слияние сущностей с одинаковыми именами, но с различными первичными ключами.** В некоторых ситуациях могут быть обнаружены две сущности с одним и тем же именем, в которых используются различные первичные ключи, однако имеются одинаковые потенциальные ключи. В этом случае сущности сливаются аналогично тому, как это было сделано в предыдущем варианте. Дополнительно требуется выбрать в результирующей сущности первичный ключ, объявив все остальные ключи альтернативными.
3. **Слияние сущностей с различными именами, имеющих одинаковые или различные Первичные ключи.** В некоторых случаях можно обнаружить сущности, которые имеют различные имена, но предназначены для одной и той же цели. Подобные эквивалентные сущности можно распознать по их именам, которые будут указывать на их сходное назначение, по их содержанию и по их первичным ключам. Кроме того, их можно распознать по участию в определенных связях. Типичным примером подобной ситуации является наличие в моделях сущностей с названиями например, **Преподаватель** и **Сотрудник**, которые, по сути, являются эквивалентными и должны быть слиты в единую сущность.

Включение сущностей, уникальных для каждой КМ. На предыдущем этапе были выделены все сущности, описывающие подобные объекты. Все остальные сущности просто включаются в глобальную КМ без внесения каких-либо изменений.

Слияние общих связей из отдельных локальных КМ. На этом этапе анализируются имена и назначение каждой из связей во всех представлениях отдельных пользователей. Прежде чем объединять связи, очень важно разрешить любые конфликты, которые могут иметь место между ними, — например, в отношении ограничений участия или кардинальности. Выполняемые на этом этапе действия включают слияние связей с одинаковыми именами и назначением, после чего может потребоваться выполнить слияние связей с различными именами, но имеющих одно и то же назначение.

Включение связей, уникальных для каждой локальной КМ. На предыдущем этапе были выявлены и слиты все связи, имевшие сходное назначение (по определению,

эти связи должны существовать между одними и теми же сущностями, которые также должны быть слиты друг с другом). Все оставшиеся связи включаются в глобальную КМ без каких-либо изменений.

В качестве примера рассмотрим объединение локальных КМ для рассматриваемых выше задач (1, 3, 4 и 5). Порядок следования объединения локальных КМ определим следующий:

- Объединение моделей КМ 1 и КМ 3 в модель КМ1_3;
- Объединение моделей КМ 4 и КМ 5 в модель КМ 4_5.
- Объединение моделей КМ1_3 и КМ 4_5 в единую модель КМ.

Результаты первого объединения в виде КМ 1_3 представлены на рис.4.6. При объединении моделей КМ 1 (см.рис.2.7) и КМ 3 (см.рис.2.8) использовалась концепция объединения идентичностей для сущностей **Кафедра**, **Преподаватель** и **Специальность**, а также для связей **Готовит** и **Работает на**.

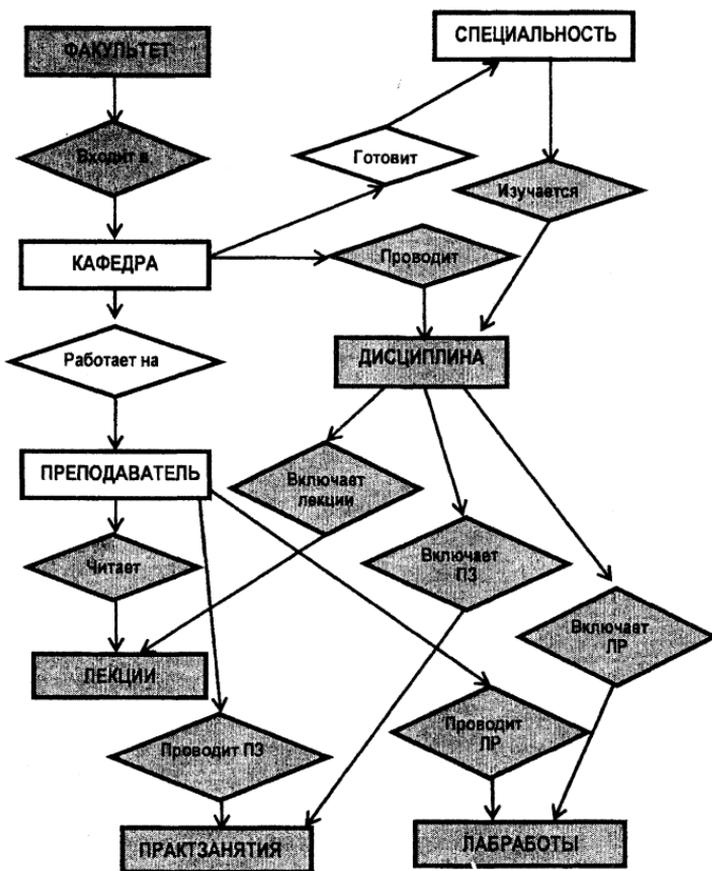


Рис.4.6. Результат объединения моделей КМ 1 и КМ 3 в модель КМ 1_3

Перечисленные элементы в моделях КМ1 и КМ3 полностью совпали, поэтому они представлены в модели объединения КМ 1_3. Остальные элементы в эту модель добавлены из модели КМ 1 (сущность Факультет и связь Входит в), а из модели КМ 3 (сущности Лекции, Практизанятия, Лабработы, Дисциплина и связи Проводит, Изучается, Включает лекции, Включает ПЗ, Включает ЛР, Читает, Проводит ПЗ, Проводит ЛР). На рис.4.6. общая часть элементов из объединяемых моделей изображена без затемнения, а затемненные элементы представляют компоненты из модели КМ 1 (более светлые) и из модели КМ 3 (более темные).

Результаты второго объединения моделей КМ 4 и КМ 5 в модель КМ 4_5 представлены на рис.4.7.

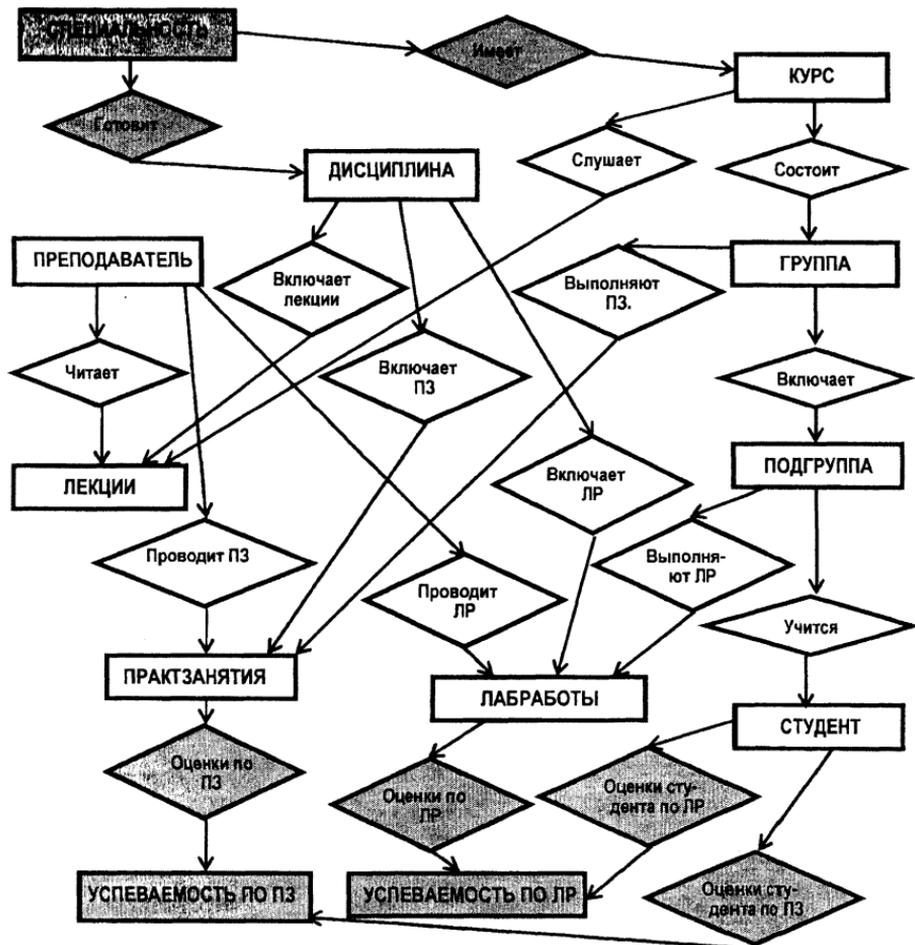


Рис.4.7. Результат объединения моделей КМ 4 и КМ 5 в модель КМ 4_5

Таким образом, результатом объединения локальных концептуальных моделей из ПрО является единая концептуальная модель структуры БД АСОИ в виде единой диаграммы "сущность-связь" (ER-диаграммы). Эта модель содержит концептуальное отражение представлений пользователя о ПрО. Результат объединения моделей представляется в графическом виде. Пример такой диаграммы для ПрО «Успеваемость» приведен на рис.4.8.

4.3.2. ПРОВЕРКА ГЛОБАЛЬНОЙ КМ БД

Основная цель данного действия – это проверка результатов объединения локальных КМ в единую КМ БД, разрешение возникших противоречий и при необходимости корректировка документации на КМ БД.

Проверку результатов объединения локальных КМ пользователя в единую глобальную КМ БД можно вести по следующей схеме:

1. Проверка на наличие пропущенных сущностей и связей.
2. Проверка корректности внешних ключей.
3. Проверка соблюдения ограничений целостности.
4. Разрешение противоречий.
5. Уточнение документации на КМ БД.

Проверка на наличие пропущенных сущностей и связей. Вероятно, одной из самых трудных задач при создании глобальной КМ является задача выявления пропущенных сущностей и связей между элементами КМ различных задач. Если для ПрО существует общая модель данных, то она может использоваться для обнаружения сущностей и связей между элементами КМ различных пользователей, которых нет ни в одном из локальных представлений. В то же время, при проведении опросов пользователей конкретного представления в качестве превентивной меры следует попросить их уделить некоторое внимание сущностям и связям, которые, по их мнению, могут существовать в других представлениях. Кроме того, при анализе атрибутов сущностей каждого типа можно попробовать выделить ссылки на сущности, принадлежащие другим пользовательским представлениям. Достаточно часто оказывается, что атрибут, связанный с той или иной сущностью в представлении одного пользователя, соответствует первичному ключу, альтернативному ключу или даже простому, не ключевому атрибуту некоторой сущности из другого представления.

Проверка корректности внешних ключей. На этом этапе может осуществляться слияние различных сущностей и связей, изменение первичных ключей и установка новых связей. Убедитесь, что внешние ключи в дочерних сущностях по-прежнему являются корректными, и в случае необходимости внесите в документацию на КМ БД модель все требуемые изменения.

Проверка соблюдения ограничений целостности. Убедитесь, что установленные для глобальной КМ ограничения целостности данных не вступают в противоречие с теми ограничениями, которые были установлены для каждой локальной КМ. Любые конфликты следует устранять посредством проведения консультаций и согласования с пользователями.

Разрешение противоречий. При объединении локальных КМ для отдельного пользователя могут возникать противоречия по следующим причинам:

- ошибочность описаний отдельных сущностей, атрибутов, связей в рамках различных задач пользователя;

- некорректность требований.

Эти противоречия решаются либо на данном этапе, либо необходимо возвратиться к тому месту процесса объединения, где рассматриваемый конструктивный элемент включался в проектирование. В этом месте необходимо рассмотреть последствия принятого решения с точки зрения его влияния на развитие процесса объединения.

Уточнение документации на БД. Завершающим действием для разработки КМ БД является корректировка документации на КМ БД.

Как отмечено в постановке задачи на лабораторную работу (см.п.3), отчет по данной лабораторной работе должен содержать следующие результаты:

1. Графическое представление единой КМ БД в виде диаграммы «сущность-связь» (примеч см. рис.4.8).
2. Уточненное описание единой КМ пользователя в виде совокупности следующих таблиц:
 - Описание сущностей (пример см. табл.2.6 – табл.2.7);
 - Описание связей (пример см. табл.2.8 – табл.2.9);
 - Описание атрибутов (пример см. табл.2.10);
 - Описание доменов (пример см. табл.2.11);
 - Описание ключей (пример см. табл.2.12).

Результатом данного действия является проверка результатов объединения локальных моделей в глобальную КМ БД, разрешение возникших противоречий и уточнение документации на КМ БД.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ СОКРАЩЕНИЙ

АСОИ - автоматизированная система обработки информации

БД - база данных

КМ - концептуальная модель

ЛР – лабораторная работа

ПЗ - практическое занятие

ПрО – предметная область

СД - словарь данных

СУБД – система управления базами данных

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Малыгина М.П. Базы данных: основы, проектирование, использование. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004.-512 с.: Пер. с англ. М.: Мир, 1984.-296с.
2. Конолли Т., Бегг К., Страчан А. Теория и практика, 2-е изд. :Пер. с англ. : Учебное пособие. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2000. – 1120 с.
3. Дейт К.Дж. Введение в системы баз данных: Пер. с англ. – 6-е изд.- К.: Диалектика, 1998. – 784 с.
4. Тиори Т., Фрай Дж. Проектирование структур баз данных: В 2-х кн. Кн.1. Пер. с англ. – М.: Мир, 1985. – 287с.
5. Муравьев Г.Л., Хвещук В.И., Брич В.Г. , Горбашко Л.А. Методические указания по курсу «Системы управления базами данных» для студентов специальности 22.01. ЧАСТЬ 1. Проектирование структур баз данных. Брест, БГТУ, 1994, 44с.
6. Хвещук В.И. Лабораторный практикум по дисциплине «Проектирование баз данных». Формирование требований к базе данных. Брест, БГТУ, кафедра ИИТ, 2006, электронный вариант.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите основные фазы процесса проектирования структур БД.
2. Опишите роль, которую конечные пользователи должны играть в процессе проектирования БД.
3. Назовите основную цель фазы концептуального проектирования БД.
4. Определите понятия сущности и экземпляр сущности, приведите их примеры.
5. Определите понятия связи, показатель кардинальности, степень участия, приведите их примеры.
6. Определите понятия атрибут сущности, типы атрибутов, приведите их примеры.
7. Определите понятия ключ, потенциальный ключ, первичный и составной ключ, приведите их примеры.
8. Определите понятия идентичность, агрегация и обобщение, приведите их примеры.
9. Определите схему процесса объединения локальных КМ в единую КМ ПрО.
10. Опишите методику создания локальной концептуальной модели ПрО.
11. Как определяются сущности для отдельной задачи?
12. Опишите процесс документирования сущностей для КМ.
13. Как определяются связи для КМ и как они документируются?
14. Как определяются и документируются атрибуты?
15. Назовите основные задачи, решаемые на этапе концептуального проектирования.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ПРИМЕР СПИСКА ЗАДАЧ ДЛЯ АСОИ «УСПЕВАЕМОСТЬ»

Например, для АСОИ «Успеваемость» [8] был определен следующий перечень задач:

1. Организация и ведение (добавление, редактирование, удаление, документирование) информации о факультетах, о кафедрах, о преподавателях кафедр, о специальностях, по которым обучаются студенты в вузе.
2. Организация и ведение информации об учебном плане по специальностям, по дисциплинам, по видам учебной нагрузки по каждой из дисциплин (лекции, лабораторные и практические занятия).
3. Организация и ведение (добавление, редактирование, удаление, документирование) информации по дисциплинам специальности и по отдельным видам учебной нагрузки (лекции, практические занятия, лабораторные работы) этих дисциплин, которые закреплены за преподавателями определенных кафедр.
4. Организация и ведение (добавление, редактирование, удаление, документирование) информации о студентах, о группах и подгруппах (например, для проведения лабораторных работ) студентов, о курсах и специальностях и о видах занятий, которые проводят преподаватели по определенным дисциплинам.
5. Организация и ведение (добавление, редактирование, удаление, документирование) информации о текущей успеваемости студентов по видам учебной нагрузки (например, по практическим занятиям и по лабораторным работам), которые проводят преподаватели по определенным дисциплинам.
6. Организация и ведение (добавление, редактирование, удаление, документирование) информации о сдаче зачетов и экзаменов студентами по дисциплинам, об аттестации по курсовым проектам и работам, о защите результатов практик, сдача государственных экзаменов и защита дипломных проектов (работ).
7. Формирование отчетов с информацией о студентах по факультетам, специальностям, курсам и группам.
8. Формирование отчетных документов по успеваемости для деканата, кафедр и учебного отдела.
9. Формирование зачетных и экзаменационных ведомостей по факультету.
10. Формирование, выдача отчетов с информацией о факультетах, кафедрах, преподавателях, дисциплинах, успеваемости, студентах и другие.
11. Формирование списка факультетов и специальностей, по которым обучаются студенты.
12. Формирование списка кафедр по факультетам университета.
13. Формирование списка преподавателей по кафедрам и по факультетам.
14. Формирование учебного плана дисциплин по специальностям и по курсам.
15. Формирование графика экзаменов для осенней и весенней экзаменационных сессий.
16. Формирование, выдача и прием экзаменационных и зачетных ведомостей.
17. Выдача и прием направлений на сдачу задолженностей по успеваемости студентами.
18. Формирование и ведение итоговых документов по успеваемости студентов.

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

Составители: Хвещук Владимир Иванович
Муравьев Геннадий Леонидович

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

по дисциплине

«ПРОЕКТИРОВАНИЕ БАЗ ДАННЫХ»

Проектирование концептуальной модели базы данных

для студентов специальности

1 – 53 01 02 «Автоматизированные системы обработки информации»

Ответственный за выпуск: Хвещук В.И.
Редактор: Строкач Т.В.
Компьютерная вёрстка: Кармаш Е.Л.
Корректор: Никитчик Е.В.

Подписано к печати 13.12.2007. Бумага писчая. Формат 60x84 ¹/₁₆. Усл. печ. л. 2,56.
Уч. изд. л. 2,75. Тираж 100 экз. Заказ № 1308. Отпечатано на ризографе Брестского
государственного технического университета. 224017, Брест, ул. Московская, 267.