

7. Другой подход к проектированию

Декомпозиционный подход к проектированию является вполне пригодным при условии небольшого числа задействованных атрибутов (меньше 20). В случаях, когда число атрибутов делает сложным применение метода декомпозиции, используются другие методы проектирования. Один из таких методов называется «сущность-связь» (entity – relationship model, ER – model). Он предложен в 1976 году Ченом [8, 9] и отличается от метода декомпозиции тем, что ФЗ привлекаются не на начальном, а на конечном этапе проектирования. В некоторых источниках [6] этот метод называется «объект-отношение».

7.1. Сущности и связи

Любой фрагмент предметной области может быть представлен как множество сущностей, между которыми существует некоторое множество связей. Пусть проектируется БД для хранения информации о преподавателях факультета и о тех курсах, которые они читают. Двумя главными объектами, или сущностями, представляющими в данном случае интерес, являются ПРЕПОДАВАТЕЛЬ и КУРС. Эти две сущности соотносятся с помощью связи ЧИТАЕТ, то есть можно сказать «ПРЕПОДАВАТЕЛЬ ЧИТАЕТ КУРС».

Связь ЧИТАЕТ, существующая между двумя сущностями ПРЕПОДАВАТЕЛЬ и КУРС, может быть графически представлена несколькими способами. Рассмотрим следующие два способа. Рис. 7.1 иллюстрирует использование *диаграммы ER-экземпляров* с помощью примера, показывающего, какой в точности курс читает каждый преподаватель. В этом примере каждый преподаватель идентифицируется номером преподавателя (нп), и каждый курс – номером курса (нк).

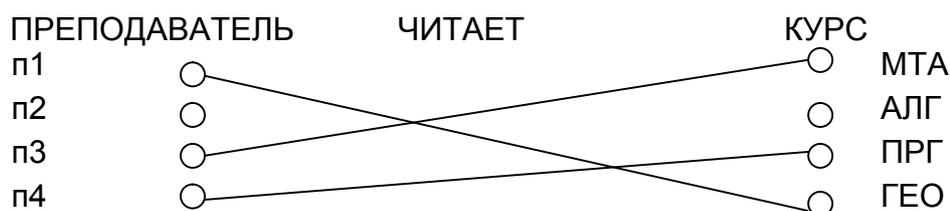


Рис. 7.1. Пример диаграммы ER-экземпляров

Рис. 7.2 называется *диаграммой ER-типа* и содержит ту же общую информацию, которая содержится на рис. 7.1.



Рис. 7.2. Пример диаграммы ER-типа

Поясним некоторые термины.

Сущность (entity) – это объект, который может быть идентифицирован неким способом, отличающим его от других объектов. Этот объект должен иметь экземпляры, отличающиеся друг от друга и допускающие однозначную идентификацию. Примерами сущностей могут служить машины, банковские счета, университеты, служащие, контракты. На рис. 7.1 и 7.2 сущностями являются КУРС и ПРЕПОДАВАТЕЛЬ, в то время как отдельные экземпляры каждой сущности идентифицируются с помощью номера курса и номера преподавателя соответственно.

Связь (relationship) – это ассоциация, установленная между несколькими сущностями. Типичными примерами связей между двумя сущностями являются: служащие РАБОТАЮТ в отделах, студенты ИЗУЧАЮТ учебные предметы, рабочие ОБСЛУЖИВАЮТ механизмы.

В методике проектирования данных обычно сущности обозначаются с помощью имен существительных, а связи – глагольными формами.

Тесно связано с предыдущими третье важное понятие, уже обсуждавшееся выше, а именно атрибут.

Атрибут есть свойство сущности. Например, атрибутами, которые могут быть свойствами сущности ПРЕПОДАВАТЕЛЬ, являются: номер преподавателя, фамилия, имя, отчество, ученая степень, ученое звание, дата рождения. Сущность фактически представляет собой множество атрибутов, которые описывают свойства всех экземпляров данной сущности.

В некоторых случаях может понадобиться набор атрибутов для идентификации каждого экземпляра сущности. Атрибут, или набор атрибутов, используемый для однозначной идентификации экземпляра сущности, называется **ключом сущности**.

Каждый экземпляр связи однозначно определяется набором ключей сущностей, соединяемых этой связью. Таким образом, <пЗ,МГА> является одним *ключом связи*.

На первом этапе процесса проектирования единственными требуемыми атрибутами являются те, которые необходимы для формирования ключей сущностей. Другие атрибуты вместе с определенными над ними ФЗ будут добавлены позднее в процессе проектирования.

На диаграммах ER-типа, подобных показанной на рис. 7.2, сущности представляются в виде прямоугольников, а связи – в виде ромбов. Ниже каждой сущности указывается ключ сущности.

В большинстве случаев для определения набора отношений проектируемой БД используют диаграммы ER-типа, а не диаграммы экземпляров.

7.2. Степень связи

В общем случае связь может объединять n сущностей (причем n не меньше 2). В случае $n=2$, т.е. когда связь объединяет две сущности, она называется *бинарной*. Доказано, что n -арный набор связей ($n>2$) всегда можно заменить множеством бинарных.

То число экземпляров сущностей, которое может быть ассоциировано через набор связей с экземплярами другой сущности, называют *степенью связи*. Рассмотрение степеней особенно полезно для бинарных связей.

Степень связи один к одному (обозначается $1 : 1$) означает, что в такой связи экземпляру одной сущности всегда соответствует не более одного экземпляра связанной с ней другой сущности. Этот факт представлен на рис. 7.3, где прямоугольники обозначают сущности, а ромб – связь. Так как степень связи для каждой сущности равна 1, то они соединяются одной линией.

Различия между диаграммами рис. 7.3 являются следствием того, должны или не должны все экземпляры сущности участвовать в связи. Если все экземпляры данной сущности должны участвовать в связи, то участие называется *обязательным* и этот факт отмечается вертикальной чертой (стилизованной единицей) перпендикулярной связи. Если экземпляры данной сущности могут не участвовать в связи, то участие называ-

ется *необязательным* и связь помечается нулем. *Класс принадлежности* сущности должен быть либо *обязательным*, либо *необязательным* и определяться правилами, регламентирующими деятельность организации.

В примере на рис. 7.3 каждая диаграмма представляет единственный набор возможных правил функционирования университета. Только одна из этих диаграмм может быть истинной для организации в каждый момент времени. Перечень правил, которых следует придерживаться для соответствия каждой диаграмме на рис. 7.3, формулируется так:

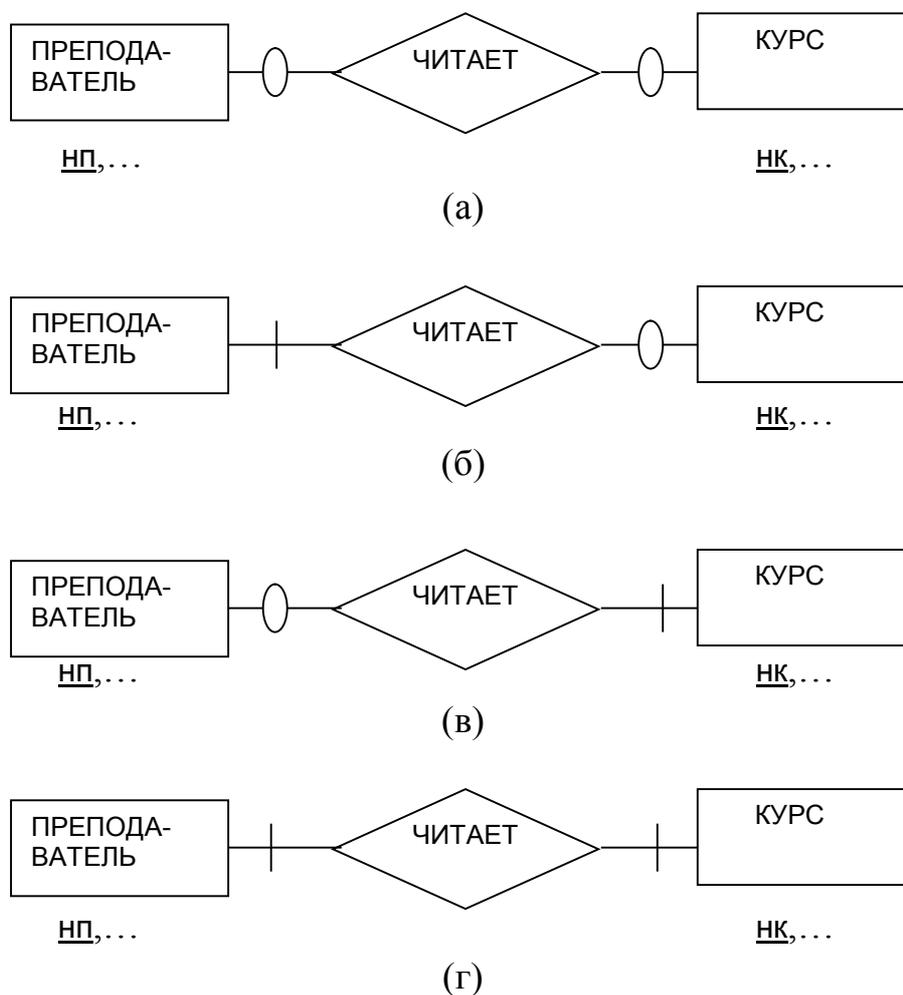


Рис. 7.3. Диаграммы ER-типа с различными сочетаниями классов принадлежности сущностей

Рис. 7.3 (а). Каждый преподаватель читает не более одного курса, и каждый курс читается не более чем одним преподавателем, т.е. допускается наличие преподавателей, не читающих ни одного курса, а также

курсов, не читаемых вовсе. Таким образом, класс принадлежности обеих сущностей необязательный.

Рис. 7.3 (б). Каждый преподаватель читает только один курс, а каждый курс читается не более чем одним преподавателем. Класс принадлежности сущности ПРЕПОДАВАТЕЛЬ является обязательным.

Рис. 7.3 (в). Каждый преподаватель читает не более одного курса, а каждый курс читается только одним преподавателем. Класс принадлежности сущности КУРС является обязательным.

Рис. 7.3 (г). Каждый преподаватель читает только один курс, и каждый курс читается только одним преподавателем. Класс принадлежности обеих сущностей является обязательным.

В диаграммах ER-типа непосредственно под блоком каждой сущности выписывается и выделяется подчеркиванием ключ этой сущности: нп (номер преподавателя) для сущности ПРЕПОДАВАТЕЛЬ и нк (номер курса) для сущности КУРС. Точки, расположенные после каждого из этих атрибутов, указывают на то, что никакие другие имеющиеся атрибуты соответствующей сущности не могут быть частью ее ключа. Эти другие атрибуты будут добавлены после разработки отношений.

На рис. 7.4 представлена диаграмма ER-экземпляров, соответствующая случаю 7.3 (б).

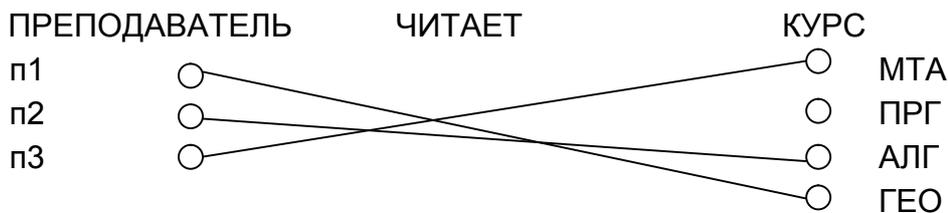


Рис.7.4. Класс принадлежности сущности ПРЕПОДАВАТЕЛЬ является обязательным

Степень связи один ко многим ($1 : n$). В данном случае экземпляру одной сущности может соответствовать любое число экземпляров другой сущности.

Для используемого примера правило будет звучать следующим образом. Каждый преподаватель может читать одновременно несколько курсов, но каждый курс читается не более чем одним преподавателем.

Этот случай может иметь несколько подвариантов, а именно класс принадлежности может быть обязательным или необязательным – для одной из двух, ни для одной или для обеих сущностей.

На рис. 7.5 показаны диаграммы ER-типа (а) и ER-экземпляров (б) для случая степени связи ПРЕПОДАВАТЕЛЬ-КУРС один ко многим и необязательным классом принадлежности обеих сущностей. На диаграммах ER-типа степень связи n отображается «древовидной линией».

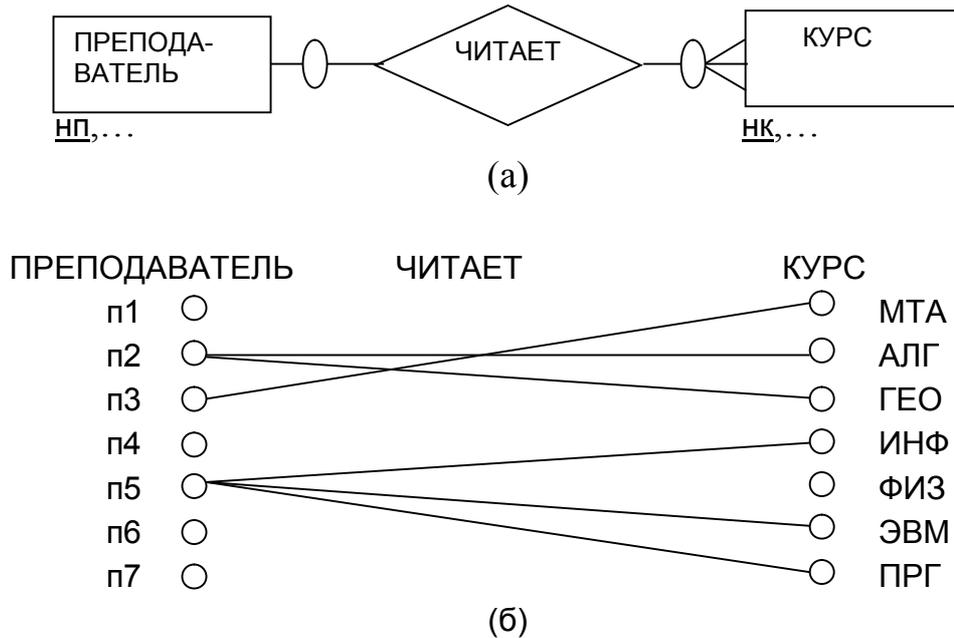


Рис. 7.5. Диаграммы для степени связи $1 : n$

Таким образом, каждый экземпляр курса может быть связан не более чем с одним экземпляром преподавателя (отсюда 1), а каждый экземпляр преподавателя может быть связан с более чем с одним экземпляром курса (отсюда получаем n).

Степень связи многие к одному ($n : 1$). Эта связь аналогична отображению $1 : n$. Для рассматриваемого примера такая связь может быть следствием следующего правила функционирования университета: каждый преподаватель читает на более одного курса, но каждый курс может читаться сразу несколькими преподавателями. Этот случай также может иметь четыре подварианта, зависящих от класса принадлежности сущностей.

На рис. 7.6 показаны диаграммы ER-типа (а) и ER-экземпляров (б) для случая степени связи ПРЕПОДАВАТЕЛЬ-КУРС многие к одному и обязательным классом принадлежности сущности ПРЕПОДАВАТЕЛЬ.

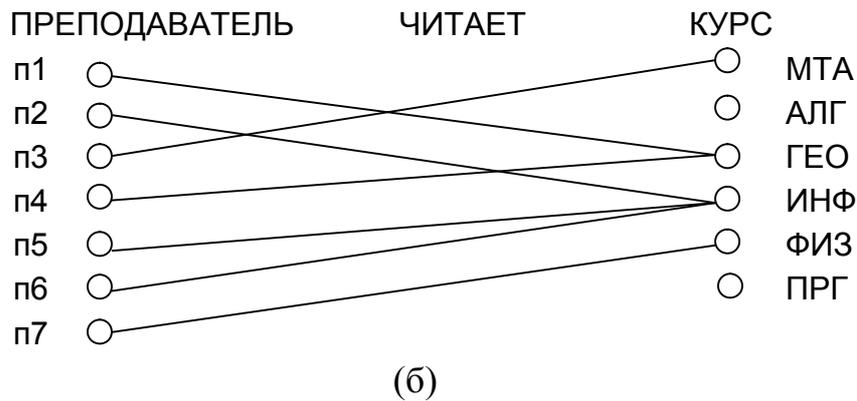
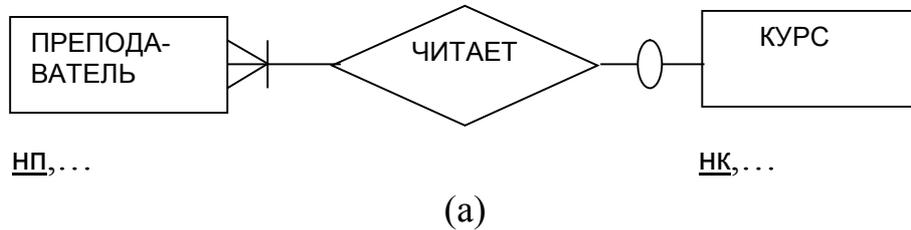


Рис. 7.6. Диаграммы для степени связи $n : 1$

Таким образом, экземпляр курса может быть связан с более чем одним экземпляром преподавателя (получаем n), а каждый экземпляр преподавателя связывается с не более чем одним экземпляром курса (имеем 1).

Степень связи многие ко многим ($m : n$). В этом случае каждая из ассоциированных сущностей может быть представлена любым количеством экземпляров. К такой степени связности приводит следующее правило: каждый преподаватель может читать несколько курсов и каждый курс может читаться несколькими преподавателями. В зависимости от класса принадлежности каждой сущности и этот случай может иметь четыре подварианта.

На рис. 7.7 показаны диаграммы ER-типа (а) и ER-экземпляров (б) для случая степени связи ПРЕПОДАВАТЕЛЬ-КУРС многие ко многим и необязательным классом принадлежности обеих сущностей.

Таким образом, каждый экземпляр курса может быть связан более чем с одним экземпляром преподавателя (отсюда m) и каждый экземпляр

преподавателя может быть связан более чем с одним экземпляром курса (получаем n).

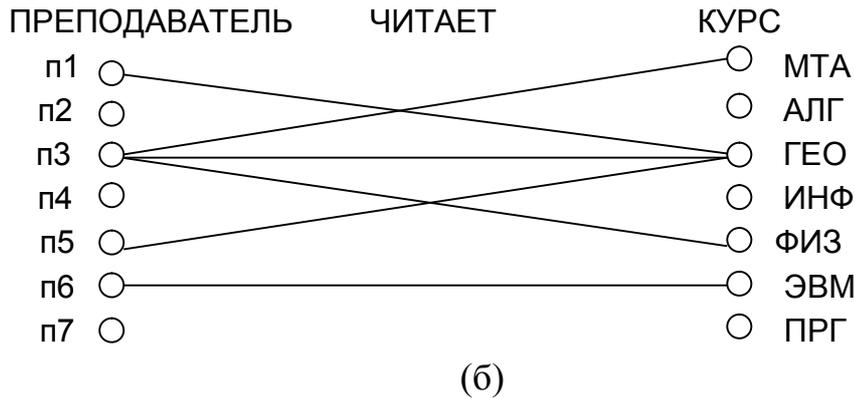
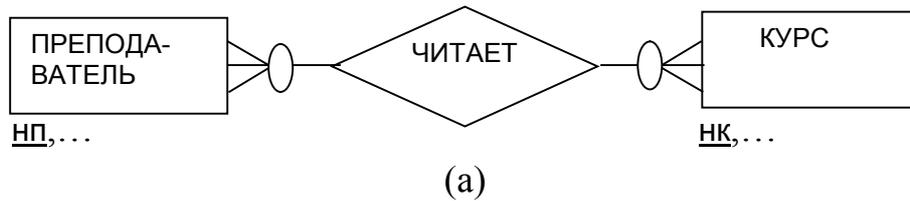


Рис. 7.7. Диаграммы для степени связи $m : n$

7.3. Получение отношений из диаграмм ER-типа

Общий подход к построению БД с использованием ER-метода состоит, прежде всего, в построении диаграммы ER-типа, включающей в себя все необходимые сущности и связи.

Второй шаг в процессе проектирования состоит в построении набора предварительных отношений и указании предполагаемого первичного ключа для каждого отношения.

Последний шаг состоит в подготовке списка всех представляющих интерес атрибутов из тех, которые не были уже перечислены в диаграмме ER-типа в качестве ключей сущности. Каждый из добавленных атрибутов назначается одному из предварительных отношений с условием, чтобы эти отношения находились в НФБК. На этом последнем шаге для каждого отношения должны быть определены межатрибутные ФЗ, с помощью которых проверяется соответствие отношений НФБК. Если полученные в итоге отношения не находятся в НФБК или если несколькими

атрибутам не находится логически обоснованных мест в предварительных отношениях, то в этих случаях необходимо пересмотреть ER-диаграммы на предмет устранения возникших недостатков.

7.3.1. Предварительные отношения для бинарных связей степени 1:1

Перечень общих правил генерации отношений из диаграмм ER-типа можно получить, опираясь на класс принадлежности и степень отношения как на определяющие факторы. С целью упрощения вывода этих правил будем использовать связь ПРЕПОДАВАТЕЛЬ ЧИТАЕТ КУРС и ограничимся случаями, в которых степень бинарной связи равна 1:1.

Простейшим решением вопроса о количестве предварительных отношений, необходимых для размещения информации, содержащейся в бинарных связях степени 1:1 (рис. 7.3), является необходимость одного отношения. Назовем это отношение ПРЕПОДАВАТЕЛЬ и все дополнительные атрибуты поместим в это отношение. На рис. 7.8 приведен экземпляр такого отношения в случае, когда класс принадлежности является обязательным для обеих сущностей (рис. 7.3 (г)).

ПРЕПОДАВАТЕЛЬ(нп, пфам, птел, нк, продкурс)

ПРЕПОДАВАТЕЛЬ

нп	пфам	птел	нк	продкурс
п1	Иванов	3454	ГЕО	36
п2	Петров	2323	АЛГ	54
п3	Сидоров	7777	МТА	72
п4	Зайцев	7654	ПРГ	36

Рис. 7.8. Экземпляр единичного отношения, соответствующий рис. 7.3. (г)

В этом отношении сущность ПРЕПОДАВАТЕЛЬ была дополнена двумя атрибутами: фамилия преподавателя (пфам) и телефон преподавателя (птел). Один атрибут добавлен к сущности курс: продолжительность курса (продкурс).

В этом специальном случае одного отношения вполне достаточно. Так как степень связи здесь 1:1 и класс принадлежности является обяза-

тельным как для сущности ПРЕПОДАВАТЕЛЬ, так и для сущности КУРС, гарантируется однократное появление каждого значения нп и каждого значения нк в любом экземпляре отношения. Это значит, что отношение никогда не будет содержать ни пустой информации, ни повторяющихся групп избыточных данных. Ключ сущности ПРЕПОДАВАТЕЛЬ был избран в качестве первичного ключа для отношения, но также может быть использован ключ сущности КУРС.

Итак, сформулируем первое правило генерации отношений.

ПРАВИЛО 1. Если степень бинарной связи равна 1:1 и класс принадлежности обеих сущностей является обязательным, то требуется только одно отношение. Первичным ключом этого отношения может быть ключ любой из двух сущностей.

Если степень связи равна 1:1 и класс принадлежности одной сущности является обязательным, а другой – необязательным, то одного отношения недостаточно. На рис. 7.9 приведен экземпляр отношения в том случае, когда класс принадлежности сущности ПРЕПОДАВАТЕЛЬ является обязательным, а сущности КУРС – необязательным (см. рис. 7.3 (б) и 7.4). В этом случае пробелы появляются во всех кортежах, содержащих информацию о курсах, не читаемых ни одним из преподавателей.

ПРЕПОДАВАТЕЛЬ(нп, пфам, птел, нк, продкурс)

ПРЕПОДАВАТЕЛЬ

нп	пфам	птел	нк	продкурс
п1	Иванов	3454	ГЕО	36
п2	Петров	2323	АЛГ	54
п3	Сидоров	7777	МТА	72
---	-----	-----	ПРГ	36

Рис. 7.9. Экземпляр единичного отношения, соответствующий рис. 7.3 (б) и 7.4.

Способ исключения пробелов состоит в использовании вместо одного отношения двух. Каждое отношение будет содержать информацию, касающуюся одной сущности. Кроме того, для связи двух отношений ключ сущности, класс принадлежности которой является необязательным,

необходимо поместить в отношении, содержащее информацию о сущности, класс принадлежности которой является обязательным (рис. 7.10).

ПРЕПОДАВАТЕЛЬ(нп, пфам, птел, нк)
КУРС(нк, продкурс)

ПРЕПОДАВАТЕЛЬ				КУРС	
нп	пфам	птел	нк	нк	продкурс
п1	Иванов	3454	ГЕО	ГЕО	36
п2	Петров	2323	АЛГ	АЛГ	54
п3	Сидоров	7777	МТА	МТА	72
				ПРГ	36

Рис. 7.10. Экземпляры двух отношений, в которых содержатся данные, приведенные на рис. 7.3 (б) и 7.4

ПРАВИЛО 2. Если степень бинарной связи равна 1:1 и класс принадлежности одной сущности является обязательным, а другой – необязательным, то необходимо построение двух отношений. Под каждую сущность необходимо выделить одно отношение, причем ключ сущности должен служить первичным ключом для соответствующего отношения. Кроме того, ключ сущности, для которой класс принадлежности является необязательным, добавляется в качестве атрибута в отношение, выделенное для сущности с обязательным классом принадлежности.

Воспользовавшись этим правилом в ситуации, представленной на рис. 7.3 (в), где класс принадлежности сущности КУРС является обязательным, а сущности ПРЕПОДАВАТЕЛЬ – необязательным, получим следующие отношения:

ПРЕПОДАВАТЕЛЬ(нп, пфам, птел)
КУРС(нк, продкурс, нп)

В том случае, когда степень бинарной связи равна 1:1 и класс принадлежности ни одной из сущностей не является обязательным, одного отношения недостаточно. При использовании только одного отношения возможны два пути возникновения пробелов (рис. 7.11 (а)). Также недостаточным является использование двух отношений, так как возникают

проблемы в связи с внесением ключа одной сущности в отношение, выделенное под другую сущность (рис. 7.11 (б)). Единственное решение заключается в построении трех отношений: по одному для каждой сущности и одного для связи (рис. 7.11(в)). На рис. 7.11 приведены типичные экземпляры отношений, получаемые при использовании одного, двух и трех отношений (см. рис. 7.1, 7.2 и 7.3 (а)). Проблемы возникают везде, за исключением случая использования трех отношений.

ПРЕПОДАВАТЕЛЬ

Нп	пфам	птел	нк	продкурс
п1	Иванов	3454	ГЕО	36
п2	Петров	2323	----	---
п3	Сидоров	7777	МТА	72
п4	Зайцев	7654	ПРГ	36
--	-----	-----	АЛГ	54

(а) Использование одного отношения

ПРЕПОДАВАТЕЛЬ				КУРС		
нп	пфам	птел	нк	нк	продкурс	нп
п1	Иванов	3454	ГЕО	МТА	72	п3
п2	Петров	2323	-----	ГЕО	36	п1
п3	Сидоров	7777	МТА	АЛГ	54	---
п4	Зайцев	7654	ПРГ	ПРГ	36	п4

(б) Использование двух отношений

ПРЕПОДАВАТЕЛЬ			КУРС		ЧИТАЕТ	
нп	пфам	птел	нк	продкурс	нп	нк
п1	Иванов	3454	МТА	72	п1	ГЕО
п2	Петров	2323	ГЕО	36	п3	МТА
п3	Сидоров	7777	АЛГ	54	п4	ПРГ
п4	Зайцев	7654	ПРГ	36		

(в) Использование трех отношений

Рис. 7.11. Возможные реляционные формы для случая бинарной связи 1:1, когда ни один из классов принадлежности не является обязательным

В отношении ЧИТАЕТ на рис. 7.11 (в) любые значения, как номера преподавателя, так и номера курса могут появиться только однажды, т.к.

степень равна 1:1. Кроме того, это отношение содержит номера курсов только тех, которые читаются, и номера преподавателей только тех, которые читают курс. Отношение ПРЕПОДАВАТЕЛЬ содержит информацию обо всех преподавателях и отношение КУРС содержит информацию обо всех курсах.

ПРАВИЛО 3. Если степень бинарной связи равна 1:1 и класс принадлежности ни одной сущности не является обязательным, то необходимо использовать три отношения: по одному для каждой сущности, ключи которых служат в качестве первичных в соответствующих отношениях, и одного для связи. Среди своих атрибутов отношение, выделяемое связи, будет иметь по одному ключу сущности от каждой сущности.

7.3.2. Первый пример ER-проектирования

Проектируется БД, предназначенная для хранения информации о лаборантах и лабораториях информатики, которые ими обслуживаются. Разрешается закрепление не более одного лаборанта за одной лабораторией, и каждый лаборант обслуживает только одну лабораторию. Представляющими интерес атрибутами являются: фамилия лаборанта (л_фам), номер телефона (тном), оплата (плата), максимально допустимое число студентов в лаборатории (размер), номер лаборатории (л_ном), рейтинг лаборатории (рейтинг) и основной вид программного обеспечения, изучаемый в лаборатории (вид).

Сущностями в данном случае будут ЛАБОРАНТ и ЛАБОРАТОРИЯ, и связь между ними ОБСЛУЖИВАЕТ. Диаграммы ER-экземпляров и ER-типа представлены на рис. 7.12.

Предположениями, учитывающимися при построении диаграмм, являются: все лаборанты закреплены за лабораториями, фамилии лаборантов уникальны, номера лабораторий уникальны, некоторые лаборатории лаборантами не обслуживаются.

Так как степень отношения равна 1:1 и класс принадлежности одной сущности (ЛАБОРАНТ) является обязательным, а другой (ЛАБОРАТОРИЯ) – нет, то используется правило 2 для генерации предварительных отношений.

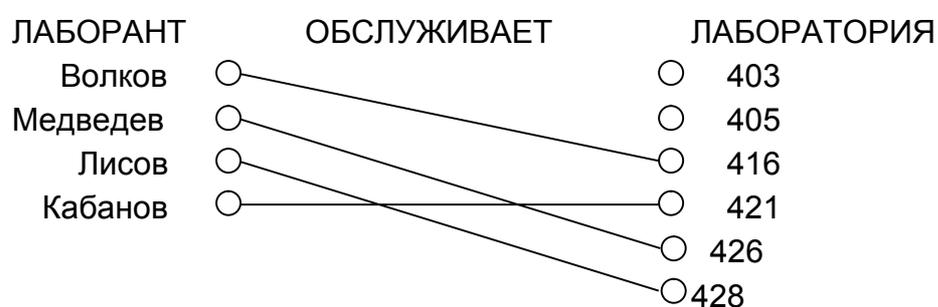
Атрибуты, не используемые в качестве ключей сущностей, распределяются по отношениям естественным образом: тном и плата – в отношении ЛАБОРАНТ, так как они содержат информацию о лаборантах; рейтинг, размер и вид помещаются в отношении ЛАБОРАТОРИЯ, так как в них содержится информация о лабораториях:

ЛАБОРАНТ(л_фам, тном, плата, л_ном)

ЛАБОРАТОРИЯ(л_ном, рейтинг, размер, вид)

ЛАБОРАНТ(л_фам,....., л_ном)

ЛАБОРАТОРИЯ(л_ном,.....)



(а)

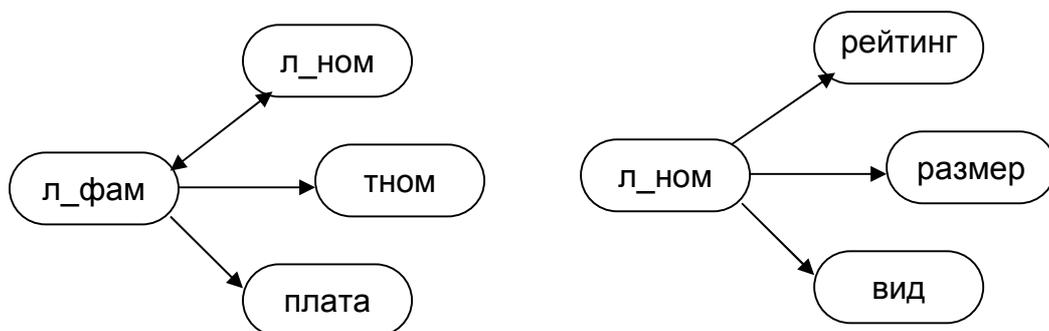


Другие атрибуты: тном, плата, размер, рейтинг, вид

(б)

Рис. 7.12. Диаграммы ER-экземпляров (а) и ER-типа (б) для первого примера ER-проектирования

На рис. 7.13 для обоих отношений приведены диаграммы ФЗ, позволяющие заключить, что каждое отношение находится в НФБК.



(а)

(б)

Рис. 7.13. Диаграммы ФЗ для отношений ЛАБОРАНТ (а) и ЛАБОРАТОРИЯ (б) для первого примера ER-проектирования

На рис. 7.14 приводятся типичные экземпляры отношений, используемых при создании БД.

ЛАБОРАНТ				ЛАБОРАТОРИЯ			
л_фам	тном	плата	л_ном	л_ном	рейтинг	размер	вид
Волков	9-16	400	416	403	средн	10	WEB-дизайн
Медведев	9-26	450	426	405	средн	10	Office
Лисов	9-28	450	428	416	низк	11	Языки
Кабанов	9-21	380	421	421	средн	15	СУБД
				426	высок	12	Visual-среды
				428	высок	12	Мультимедиа

Рис. 7.14. Типичные экземпляры отношений ЛАБОРАНТ и ЛАБОРАТОРИЯ

7.3.3. Предварительные отношения для бинарных связей степени 1:N (N:1)

Для случая бинарных связей степени $1:n$ ($n:1$) требуется только два правила. Фактором, определяющим выбор одного из этих правил, является класс принадлежности n -связной сущности; класс принадлежности 1-связной сущности не влияет на конечный результат в обоих случаях.

На рис. 7.15 (б) показан экземпляр отношения ПРЕПОДАВАТЕЛЬ, содержащего данные, приведенные на рис. 7.6. Это случай степени $n:1$ с необязательным классом принадлежности 1-связной сущности и обязательным – n -связной сущности. Отчетливо видны две проблемы, связанные с этим отношением. Пробелы обнаруживаются в тех полях атрибутов преподавателя, где курс не читается ни одним преподавателем; повторение полей данных о курсах наблюдается там, где курс читается несколькими преподавателями. Например, трижды появляется информация о курсе ИНФ. Если бы класс принадлежности 1-связной сущности

был обязательным, то исчезли бы пробелы, но повторяющиеся группы данных в полях атрибутов курса сохранились.

Решить все эти проблемы, вне зависимости от класса принадлежности 1-связной сущности, можно согласно следующему правилу.

ПРАВИЛО 4. Если степень бинарной связи равна 1:n (n:1) и класс принадлежности n-связной сущности является обязательным, то достаточным является использование двух отношений, по одному на каждую сущность. При этом первичным ключом каждого отношения является ключ соответствующей сущности. Дополнительно для связи отношений ключ 1-связной сущности должен быть добавлен как атрибут в отношение, отводимое n-связной сущности.



(а)

ПРЕПОДАВАТЕЛЬ

нп	пфам	птел	нк	продкурс
п1	Иванов	3454	ГЕО	36
п4	Зайцев	7654	ГЕО	36
п2	Петров	2323	ИНФ	72
п5	Николаев	4114	ИНФ	72
п6	Сергеев	2345	ИНФ	72
п3	Сидоров	7777	МТА	72
п7	Климов	5432	ФИЗ	36
--	-----	-----	АЛГ	54
--	-----	-----	ПРГ	36

(б)

Рис. 7.15. Использование одного отношения для бинарной связи типа n:1 в том случае, когда класс принадлежности n-связной сущности является обязательным, а 1-связной – необязательным

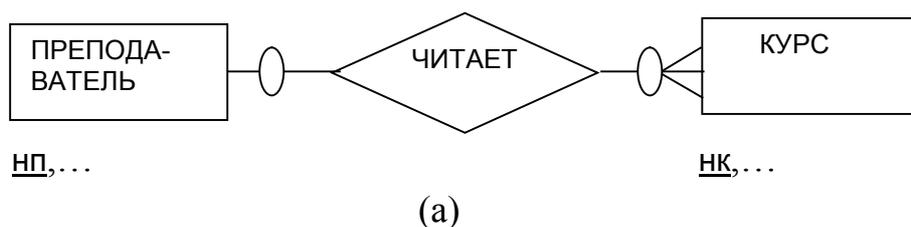
На рис. 7.16 приведены примеры двух отношений, построенных с помощью этого правила и содержащих ту же информацию, которая представлена на рис. 7.15. Все пробелы и повторяющиеся группы данных исчезли.

На рис. 7.17 показан экземпляр отношения КУРС, содержащий данные из рис. 7.5. Это случай связи степени 1:n с необязательным классом принадлежности обеих сущностей.

ПРЕПОДАВАТЕЛЬ			
нп	пфам	птел	нк
п1	Иванов	3454	ГЕО
п2	Петров	2323	ИНФ
п3	Сидоров	7777	МТА
п4	Зайцев	7654	ГЕО
п5	Николаев	4114	ИНФ
п6	Сергеев	2345	ИНФ
п7	Климов	5432	ФИЗ

КУРС	
нк	продкурс
ГЕО	36
ИНФ	72
МТА	72
ФИЗ	36
АЛГ	54
ПРГ	36

Рис. 7.16. Данные, приведенные на рис. 7.15, после их разнесения по двум отношениям с помощью ПРАВИЛА 4



КУРС

нк	продкурс	нп	пфам	птел
МТА	72	п3	Сидоров	7777
АЛГ	54	п2	Петров	2323
ГЕО	36	п2	Петров	2323
ИНФ	72	п5	Николаев	4114
ФИЗ	36	---	-----	-----
ЭВМ	54	п5	Николаев	4114
ПРГ	36	п5	Николаев	4114
-----	----	п1	Иванов	3454
-----	----	п4	Зайцев	7654
-----	----	п6	Сергеев	2345

(б)

Рис. 7.17. Использование одного отношения для бинарной связи типа 1:n в случае, когда класс принадлежности обеих сущностей является необязательным

В связи с этим отношением отчетливо видны три проблемы. Пробелы возникают в полях атрибутов курса там, где преподаватель не читает курс, и в тех полях атрибутов преподавателя, где курс не читается ни одним из преподавателей. Кроме того, повторяются поля данных о преподавателях в тех случаях, когда преподаватель читает более одного курса. Например, трижды появляется информация о преподавателе п5.

Если бы класс принадлежности 1-связной сущности был обязательным, то исчезли бы пробелы в полях атрибутов курсов, но пробелы и повторяющиеся группы данных в полях атрибутов преподавателей остались.

Если применить ПРАВИЛО 4 в этом случае и сформировать два отношения, подобные тем, которые приведены на рис. 7.16, то все проблемы будут решены за исключением одной: не исчезнут пробелы в полях номера преподавателя в новом отношении КУРС во всех тех местах, где курс не читается. Соответствующий пример показан на рис. 7.18.

КУРС			ПРЕПОДАВАТЕЛЬ		
нк	продкурс	нп	нп	Пфам	птел
МТА	72	п3	п1	Иванов	3454
АЛГ	54	п2	п2	Петров	2323
ГЕО	36	п2	п3	Сидоров	7777
ИНФ	72	п5	п4	Зайцев	7654
ФИЗ	36	---	п5	Николаев	4114
ЭВМ	54	п5	п6	Сергеев	2345
ПРГ	36	п5	п7	Климов	5432

Рис. 7.18. Данные, приведенные на рис. 7.17, после их разнесения по двум отношениям с помощью ПРАВИЛА 4

Решить все эти проблемы вне зависимости от класса принадлежности 1-связной сущности можно, руководствуясь следующим правилом.

ПРАВИЛО 5. Если степень бинарной связи равна 1:n (n:1) и класс принадлежности n-связной сущности является необязательным, то необходимо формирование трех отношений: по одному для каждой сущности, причем ключ каждой сущности служит первичным ключом соответствующей

щего отношения, и одного отношения для связи. Связь должна иметь среди своих атрибутов ключ сущности от каждой сущности.

На рис. 7.19 приводятся экземпляры трех отношений, построенных по этому правилу, содержащих ту же информацию, что представлена на рис. 7.17. Все пробелы и повторяющиеся группы данных исключены.

КУРС		ПРЕПОДАВАТЕЛЬ		
нк	продкурс	нп	пфам	птел
МТА	72	п1	Иванов	3454
АЛГ	54	п2	Петров	2323
ГЕО	36	п3	Сидоров	7777
ИНФ	72	п4	Зайцев	7654
ФИЗ	36	п5	Николаев	4114
ЭВМ	54	п6	Сергеев	2345
ПРГ	36	п7	Климов	5432

ЧИТАЕТ	
нп	нк
п2	АЛГ
п2	ГЕО
п3	МТА
п5	ИНФ
п5	ЭВМ
п5	ПРГ

нк является первичным ключом
в силу существующей связи n:1
между нк и нп

Рис. 7.19. Размещение данных, приведенных на рис. 7.17 с помощью ПРАВИЛА 5

7.3.4. Предварительные отношения для бинарных связей степени M:N

Если степень бинарной связи равна m:n, то для хранения данных требуются три отношения вне зависимости от класса принадлежности, как первой, так и второй сущностей. При использовании одного или двух отношений неизбежно возникновение пробелов и/или повторяющихся групп данных в экземплярах этих отношений; какая из двух проблем возникает при использовании двух отношений зависит от классов принадлежности двух сущностей.

ПРАВИЛО 6. Если степень бинарной связи равна $m:n$, то для хранения данных необходимо три отношения: по одному для каждой сущности, причем ключ каждой сущности используется в качестве первичного ключа соответствующего отношения и одного отношения для связи. Последнее отношение должно иметь в числе своих атрибутов ключ сущности каждой сущности.

На рис. 7.20 приведены экземпляры отношений, содержащих данные из рис. 7.7 (степень равна $m:n$, и ни один класс принадлежности не является обязательным). В этих экземплярах отсутствуют как пробелы, так и повторяющиеся группы данных.

КУРС		ПРЕПОДАВАТЕЛЬ		
нк	продкурс	нп	пфам	птел
МТА	72	п1	Иванов	3454
АЛГ	54	п2	Петров	2323
ГЕО	36	п3	Сидоров	7777
ИНФ	72	п4	Зайцев	7654
ФИЗ	36	п5	Николаев	4114
ЭВМ	54	п6	Сергеев	2345
ПРГ	36	п7	Климов	5432

ЧИТАЕТ	
нп	нк
п1	АЛГ
п3	МТА
п3	ГЕО
п3	ФИЗ
п5	ГЕО
п6	ЭВМ

Это отношение целиком является ключом

Рис. 7.20. Размещение данных, приведенных на рис. 7.7 с помощью ПРАВИЛА 6

В случае отсутствия ФЗ, связывающих атрибуты отношения (как в случае отношения ЧИТАЕТ), первичный ключ этого отношения требует использования всех его атрибутов. Первичным ключом отношения ЧИТАЕТ является $\langle \text{нп}, \text{нк} \rangle$. Об отношении этого типа говорят, что оно целиком является ключом (оно всегда находится в НФБК).

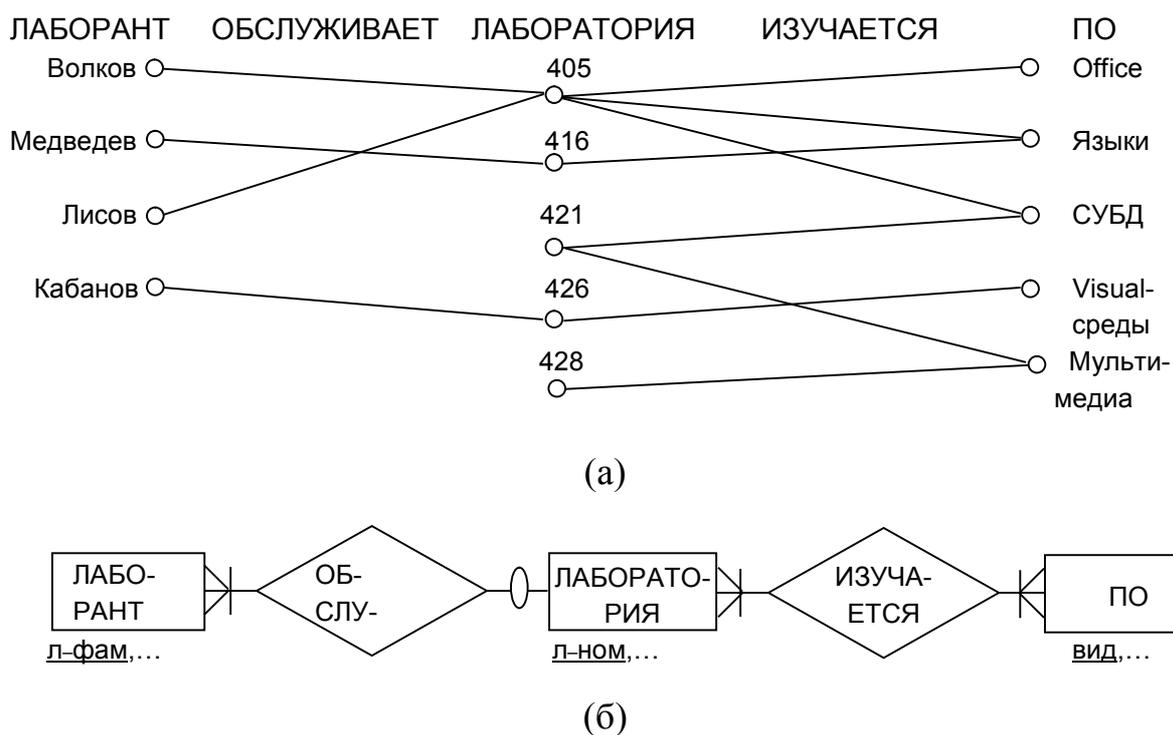


Рис. 7.21. Диаграммы ER-экземпляров (а) и ER-типа (б) для первого примера ER-проектирования

Как и в случае первого примера ER-проектирования, не сложно найти место атрибутам, не являющимся частью ключей сущностей. Размещение их завершает формирование окончательных отношений и проводится следующим образом: тном и плата – это свойства сущности ЛАБОРАНТ и помещаются в соответствующее отношение. Атрибуты рейтинг и размер являются свойствами сущности ЛАБОРАТОРИЯ, в то время как ауд и сам относятся к сущности ПО. Единственное предварительное отношение, не получающее дополнительных атрибутов, это ЛАБ_ПО. Как оказалось, оно целиком является ключом.

ЛАБОРАНТ (л-фам, тном, плата, л-ном)

ЛАБОРАТОРИЯ (л-ном, рейтинг, размер)

ЛАБ_ПО (л-ном, вид)

ПО (вид, ауд, сам)

На рис. 7.22 показаны диаграммы ФЗ для всех отношений. Каждое из этих отношений уже находится в НФБК и никаких дополнительных преобразований не требуется.

Типичные примеры каждого из отношений приведены на рис. 7.23.

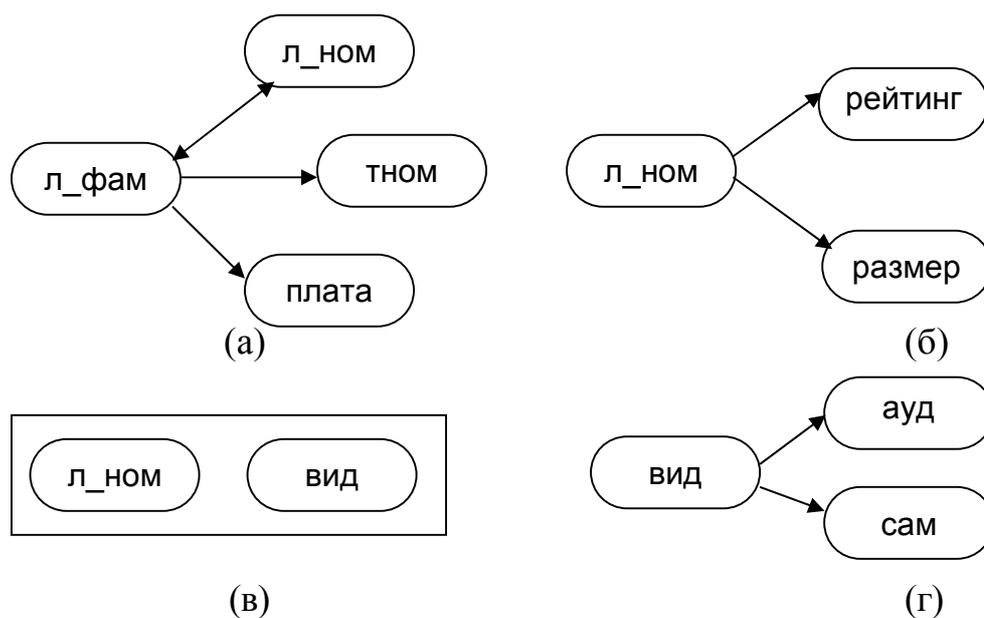


Рис. 7.22. Диаграммы ФЗ для отношений ЛАБОРАНТ (а), ЛАБОРАТОРИЯ (б), ЛАБ_ПО (в) и ПО (г), представленных на рис. 7.21

л_фам	тном	плата	л_ном
Волков	9-05	400	405
Медведев	9-16	450	416
Лисов	9-05	450	405
Кабанов	9-26	380	426

л_ном	рейтинг	размер
405	средн	10
416	низк	11
421	средн	15
426	высок	12
428	высок	12

л_ном	вид
405	Office
405	Языки
405	СУБД
416	Языки
421	СУБД
421	Мультимедиа
426	Visual-среды
428	Мультимедиа

вид	ауд	сам
Office	16	10
Языки	36	24
СУБД	24	18
Visual-среды	36	24
Мультимедиа	24	12

Рис. 7.23. Типичные экземпляры отношений второго примера ER-проектирования