

БАКАЛАВРИАТ

*Л.И. Шустова, О.В. Тараканов*

# БАЗЫ ДАННЫХ

У Ч Е Б Н И К



Электронно-  
Библиотечная  
Система  
znanium.com



Уважаемый читатель!

Вы держите в руках книгу,  
дополнительные материалы которой  
доступны Вам **БЕСПЛАТНО**  
в Интернете на [www.znaniium.com](http://www.znaniium.com)  
Специального программного  
обеспечения не требуется

ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ – БАКАЛАВРИАТ

серия основана в 1996 г.



**Л.И. ШУСТОВА**  
**О.В. ТАРАКАНОВ**

# **БАЗЫ ДАННЫХ**

**УЧЕБНИК**

*Допущено  
Учебно-методическим объединением  
по образованию в области прикладной информатики  
в качестве учебника для студентов,  
обучающихся по направлению 09.03.03  
«Прикладная информатика»*

**Электронно-  
Библиотечная  
Система  
znanium.com**

Москва  
ИНФРА-М  
2016

УДК 002:004(075.8)  
ББК 32.81:32.97я73  
Ш97

ФЗ  
№ 436-ФЗ

Издание не подлежит маркировке  
в соответствии с п. 1 ч. 4 ст. 11

Рецензенты:

*В.Г. Грибунин* — д-р техн. наук, главный научный сотрудник МОУ «Институт инженерной физики»;

*В.И. Перекатов* — д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой МФТИ

**Шустова Л.И., Тараканов О.В.**

Ш97 Базы данных: Учебник. — М.: ИНФРА-М, 2016. — 304 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс; Режим доступа <http://www.znanium.com>]. — (Высшее образование: Бакалавриат). — [www.dx.doi.org/10.12737/11549](http://www.dx.doi.org/10.12737/11549).

ISBN 978-5-16-010485-0 (print)

ISBN 978-5-16-102495-9 (online)

Учебник предназначен для изучения основ проектирования и реализации реляционных баз данных. Достаточно подробно рассматриваются фундаментальные понятия и принципы организации моделей данных «сущность–связь» и реляционной модели данных, включающие в себя основные характеристики структурных компонентов, манипуляционную и целостную части с использованием элементов теории множеств, реляционной алгебры и реляционного исчисления. Описаны основные этапы создания и использования системы базы данных: определение семантических зависимостей на разных уровнях абстракции; проектирование с учетом принципов нормализации; реализация и сопровождение с использованием декларативного языка. Детально представлены методы доступа к данным на основе: древовидных, хэш и битовых структур. Описаны основные операции оптимизатора SQL-запросов, а также методика интерпретации плана SQL-запроса.

Каждый раздел сопровождается практическими примерами и вопросами для самостоятельной оценки усвоенного материала.

Для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению «Информатика и вычислительная техника», специализация — «Высокопроизводительные компьютерные системы и технологии». Дисциплина включена в базовую часть профессионального цикла дисциплин ФГОС ВО (квалификация «бакалавр»).

УДК 002:004(075.8)

ББК 32.81:32.97я73

Материалы, отмеченные знаком , доступны в электронно-библиотечной системе [znanium \(www.znanium.com\)](http://www.znanium.com)

ISBN 978-5-16-010485-0 (print)

ISBN 978-5-16-102495-9 (online)

© Шустова Л.И., Тараканов О.В., 2016

Подписано в печать 25.09.2015.

Формат 60×90/16. Бумага офсетная. Гарнитура Newton.

Печать цифровая. Усл. печ. л. 19,0. Уч.-изд. л. 20,52 + 8,7 ЭБС.

Тираж 500 экз. (I — 200) Заказ № 10680

ТК 322400-491069-250915



Отпечатано в типографии ООО «Научно-издательский центр ИНФРА-М»  
127282, Москва, ул. Полярная, д. 31В, стр. 1  
Тел.: (495) 280-15-96, 280-33-86. Факс: (495) 280-36-29

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	3
Предисловие .....	5
<b>ГЛАВА 1</b>	
<b>ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ</b> .....	7
1.1. Понятие данных .....	7
1.2. Файловые системы.....	8
1.3. Системы баз данных.....	9
1.4. История развития СУБД.....	10
1.5. Трехуровневая архитектура ANSI/SPARC.....	11
Вопросы .....	14
<b>ГЛАВА 2</b>	
<b>ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДЕЛЕЙ ДАННЫХ</b> .....	15
2.1. Основные понятия модели данных.....	15
2.2. Представление статических и динамических свойств.....	16
2.3. Общая характеристика структурных компонентов. Множества: домены и атрибуты .....	17
2.4. Общая характеристика структурных компонентов. Отношения: сущности .....	20
2.5. Общая характеристика структурных компонентов. Отношения: связи.....	21
2.6. Общая характеристика ограничений целостности.....	24
Вопросы .....	27
<b>ГЛАВА 3</b>	
<b>МОДЕЛЬ ДАННЫХ «СУЩНОСТЬ–СВЯЗЬ»</b> .....	28
3.1. Уровни представления информации .....	28
3.2. Уровень 1. Информация о сущностях и связях.....	28
3.2.1. Сущности: тип сущности и множество сущностей.....	29
3.2.2. Связи, роли и множество связей .....	30
3.2.3. Атрибут, значение и множество значений .....	31
3.3. Уровень 2. Структура информации .....	33
3.3.1. Представление сущностей .....	33

3.3.2. Представление связи .....	35
3.3.3. Некоторые особенности представления «сущности и связи» .....	35
3.3.4. Язык описания данных: диаграмма «сущность–связь» .....	36
3.3.5. Общая характеристика связей.....	37
3.4. Расширенная модель данных «сущность–связь»: нотация IDEF1x .....	39
3.5. Ограничения целостности в модели «сущность–связь».....	44
Вопросы .....	46
<b>ГЛАВА 4</b>	
<b>ИЕРАРХИЧЕСКАЯ И СЕТЕВАЯ МОДЕЛИ ДАННЫХ.....</b>	<b>47</b>
4.1. Иерархическая модель данных .....	47
4.2. Сетевая модель данных .....	48
Вопросы .....	49
<b>ГЛАВА 5</b>	
<b>РЕЛЯЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ДАННЫХ .....</b>	<b>51</b>
5.1. Базовые структурные компоненты реляционной модели данных.....	52
5.1.1. Домены, атрибуты и отношения .....	52
5.1.2. Представление сущности.....	55
5.1.3. Связи .....	56
5.2. Целостная часть реляционной модели данных .....	59
5.2.1. Целостность сущностей.....	60
5.2.2. Ссылочная целостность .....	60
5.3. Манипуляционная часть реляционной модели данных .....	62
5.3.1. Общая характеристика.....	62
5.3.2. Реляционная алгебра. Общая характеристика .....	63
5.3.3. Теоретико-множественные операции.....	65
5.3.4. Специальные операции .....	70
5.3.5. Реляционное исчисление.....	76
5.3.6. Общая характеристика языков манипулирования данными.....	85
Вопросы .....	87
<b>ГЛАВА 6</b>	
<b>ТЕОРИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РЕЛЯЦИОННЫХ</b>	
<b>БАЗ ДАННЫХ.....</b>	<b>89</b>
6.1. Цели проектирования.....	89
6.2. Функциональные зависимости .....	91
6.2.1. Основные понятия.....	91
6.2.2. Замыкание множества функциональных зависимостей.....	94
6.2.3. Правила вывода Армстронга.....	94

6.2.4. Определение ключа.....	97
6.2.5. Декомпозиция с соединением без потерь.....	98
6.3. Нормализация отношений.....	102
6.3.1. Первая нормальная форма.....	103
6.3.2. Вторая нормальная форма.....	106
6.3.3. Третья нормальная форма.....	108
6.3.4. Нормальная форма Бойса–Кодда.....	109
6.3.5. Многозначные зависимости.....	113
6.3.6. Четвертая нормальная форма.....	116
6.3.7. Пятая нормальная форма.....	117
Вопросы.....	118
<b>ГЛАВА 7</b>	
<b>ЯЗЫК SQL.....</b>	<b>119</b>
7.1. Общая характеристика языка SQL.....	121
7.2. Описание предметной области «Прокат автомобилей».....	121
7.3. Представление данных.....	123
7.3.1. Способы именования объектов.....	123
7.3.2. Основные типы данных.....	125
7.3.3. Выражения.....	133
7.3.4. Предикаты.....	140
7.3.5. Условие поиска.....	144
Вопросы.....	145
7.4. Средства SQL для описания объектов базы данных.....	146
7.4.1. Создание таблицы.....	147
7.4.2. Примеры создания таблиц.....	155
7.4.3. Удаление и модификация таблиц.....	157
7.4.4. Создание и использование последовательности.....	163
7.4.5. Язык управления доступом DCL (Data Control Language).....	165
Вопросы.....	166
7.5. Подмножество SQL для манипулирования данными.....	168
7.5.1. Предложение INSERT.....	168
7.5.2. Предложение DELETE.....	173
7.5.3. Предложение UPDATE.....	175
7.5.4. Формирование запросов к базе данных.....	176
7.5.5. Предложение SELECT.....	178
7.5.6. Использование теоретико-множественных операций.....	191
7.5.7. Формирование расширенных запросов.....	194

7.5.8. Создание представлений — CREATE VIEW .....	203
Вопросы .....	205
 7.6. Примеры написания запросов .....	206
 7.7. Реализация процедурной логики.....	206
<b>ГЛАВА 8</b>	
<b>УПРАВЛЕНИЕ ПАРАЛЛЕЛИЗМОМ В СУБД.....</b>	<b>207</b>
8.1. Понятие транзакции.....	207
8.2. Проблемы параллелизма.....	210
8.2.1. Потеря результатов обновления .....	210
8.2.2. Незафиксированные зависимости.....	210
8.2.3. Несовместимый анализ.....	211
Вопросы .....	216
<b>ГЛАВА 9</b>	
<b>ВНУТРЕННИЕ СТРУКТУРЫ ХРАНЕНИЯ.....</b>	<b>217</b>
9.1. Структурная схема обработки запроса .....	217
9.2. Бинарные деревья .....	220
9.3. Многоходовые деревья.....	222
9.4. В-дерево.....	223
9.4.1. Структура вершины В-дерева .....	223
9.4.2. Операция вставки.....	224
9.4.3. Удаление элемента .....	228
9.5. В+ дерево .....	232
9.5.1. Операция включения.....	233
9.5.2. Удаление элемента .....	235
9.6. Хэш-таблицы .....	237
9.6.1. Идея хэширования .....	237
9.6.2. Принципы построения хэш-индекса .....	238
9.6.3. Методы обработки переполнения.....	239
9.7. Битовые индексы или индексы на основе битовых карт .....	241
9.7.1. Внутренняя структура bitmap-индекса .....	243
9.7.2. Операция обновления bitmap-индекса .....	247
9.8. Сравнение методов индексирования .....	250
Вопросы .....	253

<b>ГЛАВА 10</b>	
<b>ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ И АНАЛИЗА ПЛАНОВ ВЫПОЛНЕНИЯ SQL-ЗАПРОСОВ .....</b>	<b>254</b>
10.1. Методы соединения источников данных SQL-запроса.....	259
10.1.1. Соединение с использованием вложенных циклов (NESTED LOOPS JOIN).....	260
10.1.2. Хэш-соединение (HASH JOIN).....	262
10.1.3. Соединение сортировки и слияния (SORT MERGE JOIN).....	264
10.1.4. Перекрестное соединение (CORTASIAN JOIN).....	267
10.2. План выполнения SQL-запроса.	
Интерпретация основных операций.....	267
План выполнения SQL-запроса.....	267
10.3. Анализ эффективности выполнения SQL-запросов.	
Возможные подходы повышения производительности SQL-запросов.....	276
Вопросы.....	296
Литература .....	297



<b>Приложения .....</b>	<b>298</b>
Приложение 1	
Описание схемы базы данных.....	298-1
Приложение 2	
Создание базы данных.....	298-6
П2.1. SQL-скрипт создания базы данных в MS SQL Server .....	298-6
П2.2. SQL-скрипт создания базы данных в Oracle .....	298-8
Приложение 3	
Некоторые встроенные функции SQL.....	298-13
П3.1. Встроенные функции для MS SQL Server.....	298-13
П3.2. Некоторые встроенные функции в Oracle.....	298-16
Приложение 4	
Содержимое таблиц базы данных .....	298-20