

# Microsoft Excel 2013

Анализ данных  
и бизнес-моделирование

Уэйн Л. Винстон

РУССКАЯ РЕДАКЦИЯ





# Microsoft Excel 2013: Data Analysis and Business Modeling

Wayne L. Winston

# Microsoft Excel 2013

Анализ данных  
и бизнес-моделирование

Уэйн Л. Винстон

 РУССКАЯ РЕДАКЦИЯ



2015

УДК 004.6  
ББК 32.973.26-018.2  
В49

**Винстон Уэйн Л.**

В49 Microsoft Excel 2013. Анализ данных и бизнес-моделирование: Пер. с англ. — М.: Издательство «Русская редакция»; СПб.: «БХВ-Петербург», 2015. — 864 с.: ил.  
ISBN 978-5-7502-0437-3 («Русская редакция»)  
ISBN 978-5-9775-3584-7 («БХВ-Петербург»)

Данное практическое руководство ориентировано на сценарии. В нем наглядно демонстрируется использование новейших инструментов Excel для интеграции данных из нескольких таблиц и создания реляционного источника данных в книге Excel. Рассказано о новых тенденциях в прогнозной и предписывающей аналитике. Описаны кривые тренда, множественная регрессия, экспоненциальное сглаживание, расширенные функции Excel, ключевые финансовые, статистические функции, функции даты и времени. Рассмотрено построение наглядных диаграмм, решение сложных задач оптимизации, имитационное моделирование по методу Монте-Карло.

Материал книги сопровождается английской версией учебных файлов.

*Для опытных пользователей Microsoft Excel*

УДК 004.6  
ББК 32.973.26-018.2

© 2015, Russian Edition Publishers, Translation BHV-St.Petersburg.  
Authorized Russian translation of the English edition of Microsoft Excel 2013: Data Analysis and Business Modeling,  
ISBN 978-0-7356-6913-0 © Wayne L. Winston.  
This translation is published and sold by permission of O'Reilly Media, Inc., which owns or controls all rights to publish and sell the same.

© 2015, ООО «Издательство «Русская редакция», перевод издательство «БХВ-Петербург».  
Авторизованный перевод с английского на русский язык произведения Microsoft Excel 2013: Data Analysis and Business Modeling,  
ISBN 978-0-7356-6913-0 © Wayne L. Winston  
Этот перевод оригинального издания публикуется и продается с разрешения O'Reilly Media, Inc., которая владеет или распоряжается всеми правами на его публикацию и продажу.

© 2015, оформление и подготовка к изданию, ООО «Издательство «Русская редакция», издательство «БХВ-Петербург».  
Microsoft, а также товарные знаки, перечисленные в списке, расположенном по адресу:  
<http://www.microsoft.com/about/legal/en/US/IntellectualProperty/Trademarks/EN-US.aspx> являются товарными знаками или охраняемыми товарными знаками корпорации Microsoft в США и/или других странах. Все другие товарные знаки являются собственностью соответствующих фирм.  
Все названия компаний, организаций и продуктов, а также имена лиц, используемые в примерах, вымышлены и не имеют никакого отношения к реальным компаниям, организациям, продуктам и лицам.

**Уэйн Л. Винстон**

## **Microsoft Excel 2013. Анализ данных и бизнес-моделирование**

**Перевод с английского языка Наталии Гавриловой**

Совместный проект издательства «Русская редакция» и издательства «БХВ-Петербург»

 РУССКАЯ РЕДАКЦИЯ



Подписано в печать 04.02.15.  
Формат 70×100<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Печать офсетная. Усл. печ. л. 69,66.  
Тираж 1000 экз. Заказ №

Первая Академическая типография "Наука"  
199034, Санкт-Петербург, 9 линия, 12/28

# Оглавление

Об авторе.....	1
Введение.....	3
<b>Глава 1.</b> Имена диапазонов .....	9
<b>Глава 2.</b> Функции поиска.....	21
<b>Глава 3.</b> Функция <i>Индекс</i> .....	29
<b>Глава 4.</b> Функция <i>ПОИСКПОЗ</i> .....	33
<b>Глава 5.</b> Текстовые функции.....	41
<b>Глава 6.</b> Даты и функции даты.....	57
<b>Глава 7.</b> Оценка инвестиций по чистой приведенной стоимости .....	65
<b>Глава 8.</b> Внутренняя ставка доходности.....	73
<b>Глава 9.</b> Еще несколько финансовых функций Excel.....	81
<b>Глава 10.</b> Циклические ссылки .....	95
<b>Глава 11.</b> Функция <i>ЕСЛИ</i> .....	101
<b>Глава 12.</b> Время и функции времени.....	121
<b>Глава 13.</b> Команда <i>Специальная вставка</i> .....	127
<b>Глава 14.</b> Трехмерные формулы .....	133
<b>Глава 15.</b> Инструменты проверки зависимостей и надстройка <i>Inquire</i> .....	137
<b>Глава 16.</b> Анализ чувствительности с помощью таблиц данных .....	151
<b>Глава 17.</b> Инструмент <i>Подбор параметра</i> .....	163

<b>Глава 18.</b> Анализ чувствительности с помощью <i>Диспетчера сценариев</i> .....	169
<b>Глава 19.</b> Функции <i>СЧЁТЕСЛИ</i> , <i>СЧЁТЕСЛИМН</i> , <i>СЧЁТ</i> , <i>СЧЁТЗ</i> и <i>СЧИТАТЬПУСТОТЫ</i> .....	175
<b>Глава 20.</b> Функции <i>СУММЕСЛИ</i> , <i>СРЗНАЧЕСЛИ</i> , <i>СУММЕСЛИМН</i> и <i>СРЗНАЧЕСЛИМН</i> .....	183
<b>Глава 21.</b> Функция <i>СМЕЩ</i> .....	189
<b>Глава 22.</b> Функция <i>ДВССЫЛ</i> .....	203
<b>Глава 23.</b> Условное форматирование .....	213
<b>Глава 24.</b> Сортировка в Excel .....	245
<b>Глава 25.</b> Таблицы .....	253
<b>Глава 26.</b> Счетчики, полосы прокрутки, переключатели, флажки, группы и поля со списками .....	267
<b>Глава 27.</b> Революция в аналитике .....	281
<b>Глава 28.</b> Введение в оптимизацию с надстройкой <i>Поиск решения</i> .....	287
<b>Глава 29.</b> <i>Поиск решения</i> при определении оптимального ассортимента продукции .....	293
<b>Глава 30.</b> <i>Поиск решения</i> при планировании расписания работы сотрудников ....	307
<b>Глава 31.</b> <i>Поиск решения</i> для задач транспортировки и распределения .....	313
<b>Глава 32.</b> <i>Поиск решения</i> для бюджетирования капиталовложений .....	319
<b>Глава 33.</b> <i>Поиск решения</i> при финансовом планировании .....	327
<b>Глава 34.</b> <i>Поиск решения</i> при оценке спортивных команд .....	335
<b>Глава 35.</b> Расположение складов по методу ОПГ с несколькими начальными точками и согласно эволюционному поиску решения .....	341
<b>Глава 36.</b> Штрафы и эволюционный поиск решения .....	351
<b>Глава 37.</b> Задача коммивояжера .....	359
<b>Глава 38.</b> Импорт данных из текстового файла или документа .....	363
<b>Глава 39.</b> Импорт данных из сети Интернет .....	369
<b>Глава 40.</b> Проверка достоверности данных .....	373
<b>Глава 41.</b> Обобщение данных на гистограммах .....	383

<b>Глава 42.</b> Обобщение данных с помощью описательной статистики.....	393
<b>Глава 43.</b> Сводные таблицы и срезы для описания данных.....	409
<b>Глава 44.</b> Модель данных.....	457
<b>Глава 45.</b> PowerPivot.....	469
<b>Глава 46.</b> Power View.....	481
<b>Глава 47.</b> Спарклайны.....	495
<b>Глава 48.</b> Обработка данных с помощью статистических функций для баз данных.....	501
<b>Глава 49.</b> Фильтрация данных и удаление дубликатов.....	511
<b>Глава 50.</b> Консолидация данных.....	527
<b>Глава 51.</b> Создание промежуточных итогов.....	533
<b>Глава 52.</b> Приемы работы с диаграммами.....	539
<b>Глава 53.</b> Оценка линейных зависимостей.....	573
<b>Глава 54.</b> Моделирование экспоненциального роста.....	583
<b>Глава 55.</b> Степенная кривая.....	587
<b>Глава 56.</b> Представление зависимостей с помощью корреляции.....	595
<b>Глава 57.</b> Введение во множественную регрессию.....	603
<b>Глава 58.</b> Включение качественных факторов во множественную регрессию.....	611
<b>Глава 59.</b> Моделирование нелинейных характеристик и взаимосвязей.....	621
<b>Глава 60.</b> Однофакторный дисперсионный анализ.....	629
<b>Глава 61.</b> Рандомизированные блоки и двухфакторный дисперсионный анализ.....	635
<b>Глава 62.</b> Скользящие средние для временных рядов.....	645
<b>Глава 63.</b> Метод Винтерса.....	649
<b>Глава 64.</b> Метод прогнозирования "по отношению к скользящему среднему".....	655
<b>Глава 65.</b> Прогноз для особых случаев.....	659
<b>Глава 66.</b> Введение в случайные величины.....	669
<b>Глава 67.</b> Биномиальные, гипергеометрические и отрицательные биномиальные случайные величины.....	675

<b>Глава 68.</b> Пуассоновская и экспоненциальная случайные величины .....	685
<b>Глава 69.</b> Нормальная случайная величина .....	689
<b>Глава 70.</b> Распределение Вейбулла и бета-распределение: моделирование надежности механизмов и продолжительности работы.....	697
<b>Глава 71.</b> Создание вероятностных высказываний на основе прогнозов .....	703
<b>Глава 72.</b> Логарифмически нормальная случайная величина в моделировании курса акции .....	707
<b>Глава 73.</b> Введение в моделирование по методу Монте-Карло.....	711
<b>Глава 74.</b> Вычисление оптимальной цены предложения .....	721
<b>Глава 75.</b> Моделирование цен на акции и распределения средств между активами .....	727
<b>Глава 76.</b> Игры и развлечения: моделирование вероятностей для азартных игр и спортивных соревнований.....	737
<b>Глава 77.</b> Анализ данных с помощью повторной выборки.....	747
<b>Глава 78.</b> Ценообразование опционов.....	751
<b>Глава 79.</b> Определение ценности клиента .....	765
<b>Глава 80.</b> Оптимальный размер заказа в модели управления запасами .....	771
<b>Глава 81.</b> Построение моделей управления запасами для неопределенного спроса .....	777
<b>Глава 82.</b> Теория массового обслуживания (теория очередей) .....	785
<b>Глава 83.</b> Оценка кривой спроса.....	793
<b>Глава 84.</b> Ценообразование продуктов с сопутствующими товарами.....	799
<b>Глава 85.</b> Ценообразование продуктов с помощью субъективно определяемого спроса .....	805
<b>Глава 86.</b> Нелинейное ценообразование .....	811
<b>Глава 87.</b> Функции и формулы массива.....	821
Предметный указатель .....	840



## Об авторе

**УЭЙН Л. ВИНСТОН** (WAYNE L. WINSTON) является почетным профессором Школы бизнеса Kelley School of Business при Университете Индианы и в настоящее время приглашенным профессором в Колледже бизнеса Bauer College of Business при Университете Хьюстона. Он получил свыше 45 наград для преподавателей, преподавал Excel и моделирование в Excel тысячам бизнес-аналитиков, работающих в компаниях из списка Fortune 500. Он провел консультации для многих организаций, включая команды НБА Dallas Mavericks и New York Knicks. Он написал 15 книг по Excel, по методам управления и исследованию операций, в том числе "Mathletics", в которой описывается применение математических методов в такой новой и весьма интересной области, как спортивная аналитика.

# Введение

Если вы читаете эту книгу, и неважно, работаете ли вы в корпорации из списка Fortune 500, в небольшой компании, в правительственном учреждении или в некоммерческой организации, скорее всего, вы применяете Microsoft Excel в своей повседневной работе. Возможно, ваша работа заключается в подведении итогов, составлении отчетов и анализе данных. Она также может быть связана с построением аналитических моделей, которые позволяют работодателю увеличить прибыль, снизить издержки или эффективнее управлять операциями.

С 1999 г. я обучил более продуктивному использованию программы Microsoft Excel тысячи аналитиков в таких компаниях, как 3M, консалтинговая фирма Booz Allen Hamilton, Bristol-Myers Squibb, Broadcom Cisco Systems, Deloitte Consulting, Drugstore.com, eBay, Eli Lilly, Ford, General Electric, General Motors, Intel, Microsoft, Morgan Stanley, NCR, Owens Corning, Pfizer, Proctor & Gamble, PWC, Schlumberger, Tellabs, армия США, Министерство обороны США и Verizon. Студенты часто говорили мне, что инструменты и методы, с которыми они ознакомились на моих занятиях, позволили им еженедельно экономить рабочее время и предоставили новые усовершенствованные подходы к анализу важных бизнес-задач.

Описанные в этой книге приемы я использовал для решения многих бизнес-задач в собственной консалтинговой практике. Например, с помощью Excel я помог менеджерам баскетбольных команд НБА Dallas Mavericks и New York Knicks составить мнение о судьях, игроках и оценить расположение игроков на поле. В течение последних 15 лет я также вел занятия по бизнес-моделированию и анализу данных в Excel для студентов, обучающихся по программам MBA в Школе бизнеса Kelley School of Business при Университете Индианы. (Мой преподавательский опыт подтвержден более чем 45 наградами для преподавателей, включая шесть наград Школы для преподавателей программ MBA.) Следует также отметить, что 95 процентов студентов MBA в Университете Индианы выбрали для изучения мой курс моделирования в электронных таблицах, который не входил в обязательную программу.

Книга, которую вы держите в руках, представляет собой попытку сделать этот популярный курс обучения доступным каждому. Далее приведены доводы, согласно которым, смею надеяться, книга научит вас работать в Excel более эффективно.

◆ Материалы протестированы во время обучения тысяч аналитиков, работающих в корпорациях из списка Fortune 500 и правительственных учреждениях, в том числе в армии США.

- ◆ Книга написана в манере разговора с читателем. Я надеюсь, что этот подход позволит перенести дух успешной работы в аудитории на ее страницы.
- ◆ Я обучаю с помощью заданий, упрощающих освоение концепций. Эти задания отражают ситуации, часто встречающиеся на практике. Многие задания основаны на вопросах, присланных мне сотрудниками корпораций из списка Fortune 500.
- ◆ В большинстве случаев, я предоставляю все необходимые инструкции для изучения подходов, применяемых мною в Excel к постановке различных задач и получению ответов по анализу данных и бизнес-запросам. Вы сможете прочесть мои пояснения и рассмотреть соответствующие каждому заданию примеры листов Excel. Кроме того, я разместил файлы шаблонов для заданий на сопроводительном сайте книги. Эти шаблоны можно использовать непосредственно при работе в Excel и выполнять каждое задание самостоятельно.
- ◆ В основном главы имеют небольшой объем и построены на основе какой-либо одной концепции. Вы сможете освоить содержание большинства таких глав не более чем за два часа изучения. Вопросы в начале каждой главы позволят вам получить представление о тех проблемах, которые вы будете в состоянии разрешить после освоения обсуждаемой в главе тематики.
- ◆ В дополнение к формулам Excel вы изучите не слишком трудоемким способом некоторые важные разделы математики. Например, вы познакомитесь со статистическими методами, прогнозированием, моделями оптимизации, моделированием по методу Монте-Карло, построением моделей управления запасами и теорией очередей. Вы также узнаете о некоторых новшествах в сфере делового мышления, таких как реальные опционы, потребительская ценность и математические модели ценообразования.
- ◆ В конце каждой главы я поместил список практических задач (свыше 600 в конечном итоге), с которыми вы можете поработать самостоятельно. Эти задачи помогут освоить изложенный в главе материал. Ответы ко всем задачам находятся на сопроводительном сайте книги. Многие из этих задач основаны на реальных задачах, стоящих перед бизнес-аналитиками компаний из списка Fortune 500.
- ◆ И, самое главное, обучение должно приносить удовольствие. Прочтя эту книгу, вы узнаете, как прогнозировать президентские выборы в США, как определить точки безубыточности для футбольных матчей, как вычислить вероятность выигрыша в кости и вероятность победы определенной команды в турнире Национальной студенческой спортивной ассоциации (NCAA, National Collegiate Athletic Association). Подобные интересные примеры позволяют попутно получить множество необходимых сведений о решении бизнес-задач с помощью Excel.

#### **ПРИМЕЧАНИЕ**

Для работы с этой книгой необходимо установить программу Microsoft Excel 2013. Предыдущие издания этой книги можно использовать с программами Microsoft Excel 2003, Microsoft Excel 2007 или Microsoft Excel 2010.

## Новое в этом издании

---

В это издание книги внесены следующие изменения:

- ◆ пояснения к довольно интересной функции **Мгновенное заполнение** (Flash Fill) в Microsoft Excel 2013;
- ◆ пояснения к способу удаления невидимых символов, которые часто вносят беспорядок в расчеты;
- ◆ пояснения к новым функциям Excel 2013: **ЛИСТ** (SHEET), **ЛИСТЫ** (SHEETS), **Ф.ТЕКСТ** (FORMULATEXT) и **ЕФОРМУЛА** (ISFORMULA);
- ◆ простой способ вывода списка всех имен листов в книге;
- ◆ глава, описывающая новую интересную область аналитики;
- ◆ способ создания сводных таблиц из данных в различных местоположениях или на основе другой сводной таблицы;
- ◆ способ применения нового инструмента **Временная шкала** (Timeline) программы Microsoft Excel 2013 для фильтрации сводных таблиц на основе дат;
- ◆ описание модели данных Microsoft Excel 2013;
- ◆ описание надстройки **PowerPivot** в Microsoft Excel 2013;
- ◆ способ применения инструмента **Power View** для создания превосходных диаграмм и графиков;
- ◆ новая глава о приемах создания диаграмм и общее описание составления диаграмм в Microsoft Excel 2013;
- ◆ более 30 новых задач.

## Что необходимо знать до работы с этой книгой

---

Для выполнения описанных в книге заданий необязательно быть экспертом по Excel. По существу, достаточно уметь выполнять два ключевых действия.

- ◆ **Вводить формулы.** Формулы всегда начинаются со знака равенства (=). Следует также знать знаки основных математических операторов. Например, звездочка (\*) используется для умножения, косая черта (/) — для деления, а знак вставки (^) — для возведения в степень.
- ◆ **Работать со ссылками на ячейки.** Важно помнить, что при копировании формулы, содержащей такую ссылку на ячейку, как \$A\$4 (абсолютная ссылка, создаваемая с помощью знака доллара), в ячейках со скопированной формулой появятся ссылки на ячейку A4. При копировании формулы с такой ссылкой, как \$A4 (смешанная ссылка), номер столбца останется прежним, а номер строки изменится. И, наконец, при копировании формулы со ссылкой A4 (относительная ссылка) изменится и номер строки, и номер столбца ячейки, ссылку на которую содержит формула.

---

## Работа с книгой

---

Для выполнения заданий, представленных в книге, годится любой из двух подходов.

- ◆ Можно открыть файл шаблона, соответствующий изучаемому заданию, и по мере чтения книги выполнять задания пошагово. Вы удивитесь, насколько это легко и как много вы сможете узнать и запомнить. Этот подход я применяю на занятиях в университете.
- ◆ Вместо работы с шаблоном можно читать пояснения в книге к окончательному варианту каждого файла с примером.

---

## Работа с контентом сопроводительного сайта

---

Эта книга отличается наличием сопроводительного сайта со всеми используемыми в заданиях файлами примеров (на сайте доступны как окончательные варианты книг Excel, так и исходные шаблоны, с которыми можно работать самостоятельно). Книги Excel и шаблоны находятся в папках с именами соответствующих глав. Также ко всем помещенным в конце глав заданиям вместе с файлами примеров прилагаются ответы. Каждому файлу с ответами присвоено имя, по которому его можно легко идентифицировать. Например, файл с ответом на задание 2 к *главе 10* называется s10\_2.xlsx.

Для работы с заданиями, приведенными в этой книге, необходимо скопировать файлы примеров на свой компьютер. Эти файлы и другие данные могут быть загружены со страницы подробных данных книги по адресу:

<http://aka.ms/Excel2013Data/files>

Откройте страницу в своем браузере и следуйте инструкции по загрузке файлов.

---

## Благодарности

---

Я бесконечно благодарен Дженнифер Скуг (Jennifer Skoog) и Норму Тонина (Norm Tonina), которые поверили в меня и первыми пригласили вести занятия по Excel для Microsoft Finance. В частности, Дженнифер оказала существенную помощь при составлении плана и определении методики занятий, на которых основана эта книга. Кейт Ланге (Keith Lange) из компании Eli Lilly, Пэт Китинг (Pat Keating) и Дуг Хоппе (Doug Horpe) из корпорации Cisco Systems, а также Дэннис Фуллер (Dennis Fuller) из армии США помогли мне уточнить взгляды на преподавание анализа и моделирования данных с помощью Excel.

Редакторы Кеньон Браун (Kenyon Brown) и Рейчел Румелиотис (Rachel Roumeliotis) проделали огромную работу по удержанию меня (и книги) в рамках графика. Питер Майерс (Peter Myers) выполнил большой объем работы по техническому редактированию. Спасибо также производственным редакторам Каре Эбрахим (Kara Ebrahim) и Крису Нортону (Chris Norton) за управление процессом производства книги. Я благодарен также своим студентам в организациях, где я преподавал, и

студентам в Школе бизнеса Kelley School of Business при Университете Индианы. Многие из них познакомили меня с такими аспектами Excel, о которых я не знал.

Алекс Блантон (Alex Blanton), ранее работавший в Microsoft Press, поддерживал этот проект с самого начала и разделял мою точку зрения на создание текста, ориентированного на бизнес-аналитиков.

И наконец, моя любимая талантливая жена Вивиан (Vivian) и мои замечательные дети, Дженнифер (Jennifer) и Грегори (Gregory), мирились с тем, что я проводил долгие часы в выходные дни за клавиатурой.

## Поддержка и обратная связь

---

В следующих разделах представлена информация о списке опечаток, технической поддержке, обратной связи и контактах.

### Список опечаток

Были приложены все усилия для обеспечения безошибочности самой книги и ее сопроводительного контента. Если все же вы заметили ошибку, сообщите о ней, пожалуйста, на сайт Microsoft Press по адресу **oreilly.com**. Для этого:

1. Перейдите по адресу **<http://microsoftpress.oreilly.com>**.
2. В поле **Search** введите номер ISBN книги или ее название.
3. Выберите книгу из результатов поиска.
4. На странице книги в каталоге, правее и ниже изображения обложки, находится список ссылок.
5. Нажмите **View/Submit Errata**.

На странице книги в каталоге находится дополнительная информация и список услуг. Для получения дополнительной поддержки отправьте письмо в службу поддержки книг Microsoft Press Book Support по адресу: **[mspinput@microsoft.com](mailto:mspinput@microsoft.com)**.

Обратите внимание на то, что поддержка программного обеспечения Microsoft по указанным выше адресам не осуществляется.

### Мы заинтересованы в получении информации

В Microsoft Press главным приоритетом является удовлетворение читателя, а наиболее ценным активом считается обратная связь. Свои отзывы и предложения по этой книге оставляйте по адресу:

**<http://www.microsoft.com/learning/booksurvey>**

Онлайн-опрос не займет много времени; и, да, мы читаем *все комментарии* и рассматриваем *все предлагаемые идеи*. Заранее благодарим за ваш отзыв!

### Будьте на связи

Давайте продолжим наше общение. Наш адрес в Твиттере:

**<http://twitter.com/MicrosoftPress>**.

# Имена диапазонов

### Обсуждаемые вопросы

- ◆ Необходимо вычислить общий объем продаж в штатах Аризона, Калифорния, Монтана, Нью-Йорк и Нью-Джерси. Можно ли для вычисления общего объема продаж воспользоваться формулой `AZ+CA+MT+NY+NJ` вместо формулы `СУММ(A21:A25)` и получить правильный ответ?
- ◆ Для чего предназначена формула `СРЗНАЧ(A:A)`?
- ◆ В чем отличие имен, областью действия одного из которых является книга, а другого — лист?
- ◆ Мне действительно начинают нравиться имена диапазонов. Я стал определять имена диапазонов для многих разрабатываемых в офисе книг. Однако эти имена не появляются в моих формулах. Как добиться отображения недавно созданных имен диапазонов в ранее созданных формулах?
- ◆ Каким образом можно внести список имен всех диапазонов (и представляемых ими ячеек) в лист?
- ◆ Предполагаемый годовой доход вычисляется как кратный прошлогоднему доходу. Существует ли способ ввести формулу в виде  $(1+\text{прирост}) * \text{предыдущий\_год}$ ?
- ◆ Для каждого дня недели указана почасовая оплата и количество отработанных часов. Можно ли вычислить итоговую сумму зарплаты за каждый день по формуле `почасовая_оплата*часы`?

Возможно, вам приходилось работать с листами, в которых использовалась, например, такая формула: `=СУММ(A5000:A5049)`. Вам приходилось догадываться, что находится в ячейках `A5000:A5049`. Если в ячейках `A5000:A5049` содержатся объемы продаж по всем штатам США, не кажется ли вам формула `=СУММ(USSales)` более понятной? В данной главе описываются способы присвоения имен отдельным ячейкам и диапазонам ячеек, а также способы вставки имен диапазонов в формулы.

## Как создать именованный диапазон?

---

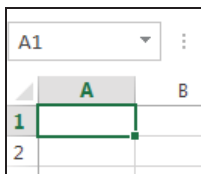
Существуют три способа создания именованных диапазонов:

- ◆ путем ввода имени диапазона в поле **Имя** (Name);
- ◆ путем выбора на вкладке **ФОРМУЛЫ** (FORMULAS) в группе **Определенные имена** (Defined Names) инструмента **Создать из выделенного** (Create from Selection);

- ♦ путем выбора на вкладке **ФОРМУЛЫ** (FORMULAS) в группе **Определенные имена** (Defined Names) инструментов **Присвоить имя** (Define Name) или **Диспетчер имен** (Name Manager).

## Создание имени диапазона в поле *Имя*

Поле **Имя** (Name), показанное на рис. 1.1, находится непосредственно над меткой столбца A, слева от поля **Строка формул** (Formula bar). Для создания имени диапазона с помощью поля **Имя** (Name) выделите ячейку или диапазон ячеек, которым требуется присвоить имя, затем перейдите в поле **Имя** (Name) и введите имя диапазона. Имя диапазона создается после нажатия клавиши <Enter>. При нажатии в поле **Имя** (Name) на стрелку раскрывающегося списка появятся имена диапазонов, определенные в текущей книге. При нажатии клавиши <F3> открывается диалоговое окно **Вставка имени** (Paste Name), в котором отображаются имена всех диапазонов. При выборе в поле **Имя** (Name) имени диапазона все ячейки, соответствующие этому диапазону, отмечаются автоматически. Это позволяет убедиться в правильности выбора ячейки или диапазона ячеек для указанного имени. В именах диапазонов регистр не учитывается.



**Рис. 1.1.** Создание имени диапазона путем выбора диапазона ячеек и ввода имени в поле **Имя**

	E	F	G
1			
2			
3	east	5	
4	west	10	
5			

**Рис. 1.2.** Присвоение ячейкам F3 и F4 имен east и west, соответственно

Например, требуется присвоить ячейке F3 имя east, а ячейке F4 имя west (см. рис. 1.2 и файл Eastwestempt.xlsx). Выделите ячейку F3, введите с клавиатуры east в поле **Имя** (Name) и нажмите клавишу <Enter>. Выделите ячейку F4, введите west в поле **Имя** (Name) и нажмите клавишу <Enter>. Теперь в какой-либо другой ячейке для ссылки на ячейку F3 можно указать =east вместо =F3. Это означает, что вместо любой ссылки east в формуле будет автоматически подставлено значение из ячейки F3.

Предположим, что необходимо присвоить имя data прямоугольному диапазону ячеек (например, A1:B4). Выделите диапазон ячеек A1:B4, введите с клавиатуры data в поле **Имя** (Name) и нажмите клавишу <Enter>. Теперь с помощью функции СРЗНАЧ (AVERAGE) по формуле =СРЗНАЧ(data) можно вычислить среднее значение содержимого ячеек A1:B4 (см. файл Data.xlsx и рис. 1.3).

Иногда требуется присвоить имя диапазону ячеек, состоящему из нескольких несмежных прямоугольных диапазонов. Например, на рис. 1.4 и в файле Noncontig.xlsx показан диапазон с именем Noncontig, состоящий из ячеек B3:C4, E6:G7 и B10:C10. Для присвоения имени выделите любой из трех прямоугольников (здесь



В3:C4). Удерживая клавишу <Ctrl>, выделите остальные два диапазона (E6:G7 и B10:C10). Отпустите клавишу <Ctrl>, введите имя Noncontig в поле **Имя** (Name) и нажмите клавишу <Enter>. Теперь имя Noncontig в любой формуле указывает на содержимое ячеек B3:C4, E6:G7 и B10:C10. Например, после ввода формулы =СРЗНАЧ(Noncontig) в ячейку E11 получим значение 4,75 (поскольку сумма 12 чисел в диапазоне равна 57 и  $57/12 = 4,75$ ).

data					
	A	B	C	D	
1	1	2			
2	3	2			
3	1	1			
4	2	-1			
5	в ячейке		1,375		
6	C5		=СРЗНАЧ(data)		
7					

Рис. 1.3. Присвоение диапазону A1:B4 имени data

	A	B	C	D	E	F	G	H
2								
3		1	2					
4		3	4					
5								
6					6	7	10	
7					8	9	1	
8								
9								
10		2	4					
11					4,75			
12					в ячейке E11 содержится формула			
13					=СРЗНАЧ(noncontig)			

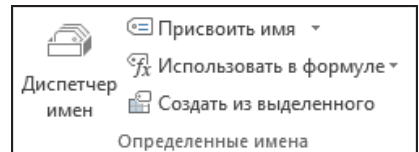
Рис. 1.4. Присвоение имени несмежному диапазону ячеек

## Создание имен с помощью инструмента *Создать из выделенного*

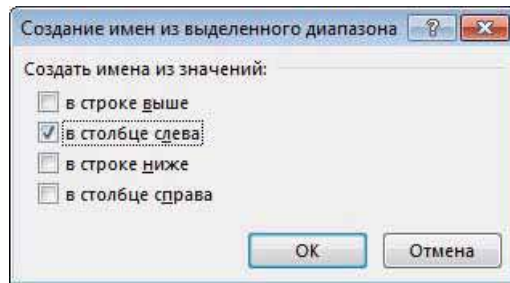
На листе в файле Statestemp.xlsx содержатся продажи за март для каждого из 50 штатов США. На рис. 1.5 показан фрагмент этих данных. Требуется присвоить каждой ячейке в диапазоне B6:B55 правильное сокращенное название штата. Для этого выделите диапазон A6:B55 и на вкладке **ФОРМУЛЫ** (FORMULAS) в группе **Определенные имена** (Defined Names) выберите инструмент **Создать из выделенного** (Create from Selection), как показано на рис. 1.6, и затем в открывшемся диалоговом окне установите флажок **в столбце слева** (Left column), как представлено на рис. 1.7.

	A	B
5	Штат	Продажи за март
6	AL	\$ 915,00
7	AK	\$ 741,00
8	AZ	\$ 566,00
9	AR	\$ 754,00
10	CA	\$ 687,00
11	CO	\$ 757,00
12	CT	\$ 786,00
13	DE	\$ 795,00
14	FL	\$ 944,00
15	GA	\$ 624,00
16	HI	\$ 663,00
17	ID	\$ 895,00
18	IL	\$ 963,00

**Рис. 1.5.** После присвоения имен ячейкам, содержащим продажи и сокращенные названия штатов, при ссылке на ячейку вместо буквы столбца и номера строки можно использовать соответствующее сокращенное название



**Рис. 1.6.** Выберите **Создать из выделенного**



**Рис. 1.7.** Установите флажок в столбце слева

Теперь имена в первом столбце выделенного диапазона связаны с ячейками во втором столбце выделенного диапазона. Таким образом, ячейке B6 присвоено имя диапазона AL, ячейка B7 имеет имя AK и т. д. Создавать имена таких диапазонов с помощью поля **Имя** (Name) было бы невероятно утомительно! Нажмите на стрелку раскрывающегося списка в поле **Имя** (Name) и убедитесь, что все имена диапазонов созданы.

## Создание имен диапазонов с помощью инструмента *Присвоить имя*

Если на вкладке **ФОРМУЛЫ** (FORMULAS) в группе **Определенные имена** (Defined Names) выбрать инструмент **Диспетчер имен** (Name Manager) и затем нажать кнопку **Создать** (New) или если выбрать инструмент **Присвоить имя** (Define Name) в группе, показанной на рис. 1.6, откроется диалоговое окно **Создание имени** (New Name), как на рис. 1.8.

Предположим, требуется присвоить имя `range1` (в именах диапазонов регистр не учитывается) диапазону ячеек `A2:B7`. Введите `range1` в поле **Имя** (Name) и выделите диапазон или введите с клавиатуры `=A2:B7` в поле **Диапазон** (Refers To). Диалоговое окно **Создание имени** (New Name) должно выглядеть так, как на рис. 1.9. Нажмите кнопку **ОК** для завершения присваивания.

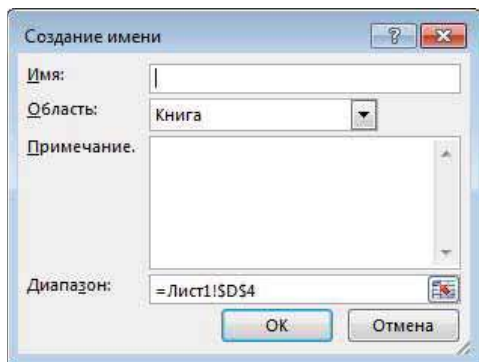


Рис. 1.8. Диалоговое окно **Создание имени**

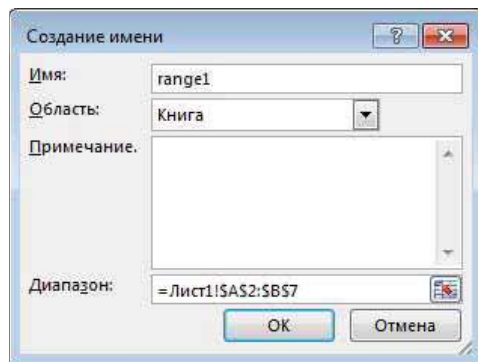


Рис. 1.9. Диалоговое окно **Создание имени** при создании имени диапазона

При нажатии на стрелку раскрывающегося списка в поле **Область** (Scope) можно выбрать строку **Книга** (Workbook) или любой лист в книге, указав тем самым область действия имени. Более подробно этот вопрос обсуждается далее в этой главе, а пока выберите область действия по умолчанию — **Книга** (Workbook). Кроме того, к любым именам диапазонов можно добавить комментарии.

## Диспетчер имен

Если теперь нажать на стрелку раскрывающегося списка в поле **Имя** (Name), то в этом поле появится имя `range1` (и все остальные созданные ранее диапазоны). В Microsoft Excel 2013 существует простой способ изменения или удаления имен диапазонов. Перейдите на вкладку **ФОРМУЛЫ** (FORMULAS), выберите группу **Определенные имена** (Defined Names) и откройте **Диспетчер имен** (Name Manager), показанный на рис. 1.6. Появится список имен всех диапазонов. Например, диалоговое окно **Диспетчер имен** (Name Manager) для файла `States.xlsx` представлено на рис. 1.10.

Для изменения имени диапазона дважды щелкните кнопкой мыши на имени этого диапазона или выделите его и нажмите кнопку **Изменить** (Edit); после этого можно изменить не только имя диапазона, но и его область действия, а также поменять ячейки в диапазоне.

Для удаления какого-либо подмножества имен диапазонов сначала выделите имена диапазонов, которые требуется удалить. Если имена диапазонов перечислены последовательно, выделите первое имя в группе имен, которую требуется удалить, затем, удерживая клавишу `<Shift>`, выделите последнее имя в группе. Если требуе-

мые имена не перечислены друг за другом, можно выделить любое из имен, которое необходимо удалить, а далее, удерживая клавишу <Ctrl>, выделить остальные требуемые имена диапазонов. Затем для удаления выбранных имен диапазонов нажмите кнопку **Удалить** (Delete).

Теперь рассмотрим несколько конкретных примеров использования имен диапазонов.

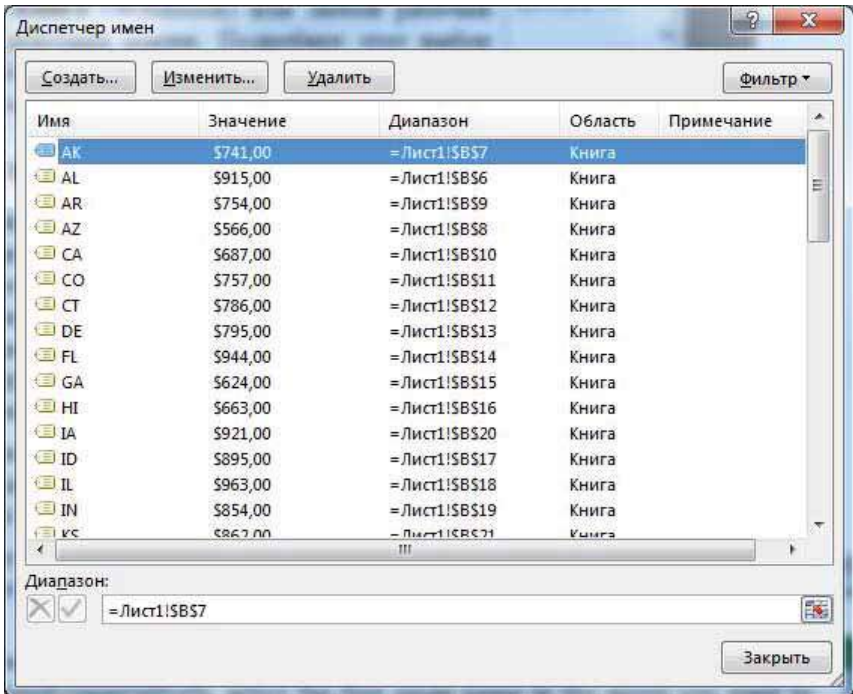


Рис. 1.10. Диалоговое окно Диспетчер имен для файла States.xlsx

## Ответы на вопросы в начале главы

В этом разделе приведены ответы на вопросы, перечисленные в начале главы.

**Необходимо вычислить общий объем продаж в штатах Аризона, Калифорния, Монтана, Нью-Йорк и Нью-Джерси. Можно ли для вычисления общего объема продаж воспользоваться формулой  $AZ+CA+MT+NY+NJ$  вместо формулы  $СУММ(A21:A25)$  и получить правильный ответ?**

Вернемся к файлу States.xlsx, в котором сокращенные названия штатов были присвоены как имена диапазонов соответствующим объемам продаж. Для вычисления общего объема продаж в Алабаме, на Аляске, в Аризоне и в Арканзасе, конечно, можно воспользоваться формулой  $=СУММ(B6:B9)$  с функцией СУММ (SUM). Кроме того, если указать ячейки B6, B7, B8 и B9, формула будет введена как  $=AL+AK+AZ+AR$ . Последняя запись не требует пояснений.

В качестве другого примера использования имен диапазонов рассмотрим файл `Historicalinvesttemp.xlsx` (рис. 1.11), в котором содержится годовая процентная доходность акций, казначейских векселей и облигаций. (На этом рисунке часть строк скрыта; данные заканчиваются в строке 89.)

Выделите диапазон ячеек `B7:D89`, затем перейдите на вкладку **ФОРМУЛЫ** (FORMULAS) и в группе **Определенные имена** (Defined Names) выберите инструмент **Создать из выделенного** (Create from Selection). В этом примере имена диапазона указаны **в строке выше** (Top row). Диапазон `B8:B89` получает имя **Акции**, диапазон `C8:C89` — имя **Векселя** и диапазон `D8:D89` — имя **Облигации**. Таким образом, необходимость помнить, где находятся данные, отпадает. Например, если после начала ввода в ячейку `B91` формулы нажать клавишу `<F3>`, откроется диалоговое окно **Вставка имени** (Paste Name), показанное на рис. 1.12. Кроме того, можно вызвать на экран список доступных имен диапазонов, если после начала ввода на вкладке **ФОРМУЛЫ** (FORMULAS) в группе **Определенные имена** (Defined Names) выбрать инструмент **Использовать в формуле** (Use in Formula).

	A	B	C	D
6		Годовая доходность		
7	Год	Акции	Векселя	Облигации
8	1928	43,81%	3,08%	0,84%
9	1929	-8,30%	3,16%	4,20%
10	1930	-25,12%	4,55%	4,54%
11	1931	-43,84%	2,31%	-2,56%
12	1932	-8,64%	1,07%	8,79%
13	1933	49,98%	0,96%	1,86%
14	1934	-1,19%	0,30%	7,96%
88	2008	-37,00%	25,87%	1,60%
89	2009	26,46%	-14,90%	0,10%
90		акции	векселя	облигации
91	среднее	11,28%	4,28%	4,91%

Рис. 1.11. Исторические данные по инвестициям

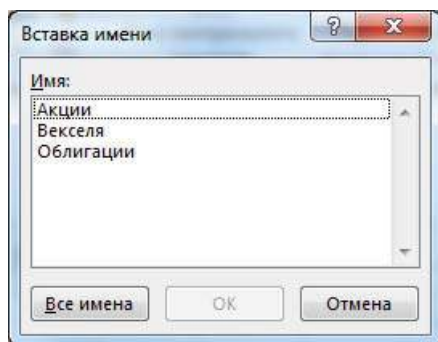


Рис. 1.12. Добавление имени диапазона в формулу в диалоговом окне **Вставка имени**

В окне **Вставка имени** (Paste Name) можно выбрать из списка имя **Акции** и нажать кнопку **ОК**. После ввода в формуле `=СРЗНАЧ(Акции)` закрывающей скобки автоматически будет рассчитано среднее значение доходности акций (11,28 %). Удобство этого подхода заключается в том, что, не зная точно, где находятся данные, можно работать с данными о доходности акций в любом месте книги!

Эта глава будет неполной, если не упомянуть о такой интересной возможности Microsoft Excel 2013, как автозавершение формул (AutoComplete). После ввода `=СРЗНАЧ(В` автоматически появится список диапазонов и функций, имена которых начинаются с `В`. Для завершения ввода имени диапазона можно дважды щелкнуть на имени **Векселя**.

### Для чего предназначена формула `СРЗНАЧ(А:А)` ?

При использовании в формуле имени столбца (в формате `А:А`, `С:С` и т. д.) весь столбец обрабатывается в Excel как именованный диапазон. Например, по формуле

=СРЗНАЧ(А:А) вычисляется среднее значение всех чисел в столбце А. Использование имени диапазона для целого столбца очень эффективно при частом вводе новых данных в столбец. Например, если столбец А содержит данные о ежемесячных продажах продукта, то новые данные добавляются каждый месяц, и по такой формуле вычисляется актуальное среднее значение ежемесячных продаж. Однако будьте осторожны: если ввести формулу =СРЗНАЧ(А:А) в столбец А, то появится сообщение о циклической ссылке, т. к. значение в ячейке, содержащей формулу расчета среднего, будет зависеть от ячейки, содержащей среднее значение. Способ разрешения циклических ссылок приведен в *главе 10*. Аналогично, по формуле =СРЗНАЧ(1:1) рассчитывается среднее значение всех чисел в строке 1.

### **В чем отличие имен, областью действия одного из которых является книга, а другого — лист?**

Файл Sheetnames.xlsx поможет понять разницу между именами диапазонов, областью действия которых является книга, и именами диапазонов, область действия которых ограничена листом. При создании имен с помощью поля **Имя** (Name) областью действия имен по умолчанию становится **Книга**. Например, предположим, что с помощью поля **Имя** (Name) имя sales присваивается диапазону ячеек Е4:Е6 на листе Лист3, и эти ячейки содержат числа 1, 2 и 4, соответственно. Если ввести формулу =СУММ(sales) на любом листе, то в результате расчета получится 7, т. к. имена, созданные в поле **Имя** (Name), имеют своей областью действия книгу. Таким образом, если в любом месте книги указано имя sales (областью действия которого является вся книга), то это имя указывает на ячейки Е4:Е6 на листе Лист3.

Теперь введите числа 4, 5, 6 в ячейки Е4:Е6 на листе Лист1 и 3, 4, 5 в ячейки Е4:Е6 на листе Лист2. Затем откройте окно **Диспетчер имен** (Name Manager), присвойте имя jam ячейкам Е4:Е6 на листе Лист1 и определите область действия для этого имени как Лист1. Далее перейдите на Лист2, откройте окно **Диспетчер имен**, присвойте имя jam ячейкам Е4:Е6 и определите область действия для этого имени как Лист2. Диалоговое окно **Диспетчер имен** показано на рис. 1.13.

Что произойдет, если ввести формулу =СУММ(jam) на каждом из трех листов? На листе Лист1 по формуле =СУММ(jam) будут просуммированы значения ячеек Е4:Е6 листа Лист1. Так как в этих ячейках содержатся числа 4, 5 и 6, в сумме получится 15. На листе Лист2 по формуле =СУММ(jam) будут просуммированы значения ячеек Е4:Е6 листа Лист2, что в сумме даст  $3 + 4 + 5 = 12$ . Однако на листе Лист3 вычисление по формуле =СУММ(jam) приведет к появлению сообщения об ошибке #ИМЯ?, поскольку на этом листе отсутствует диапазон с именем jam. Если где-либо на листе Лист3 ввести формулу =СУММ(Лист2!jam), Excel распознает имя на уровне листа, которое представляет диапазон ячеек Е4:Е6 листа Лист2, и в результате получится  $3 + 4 + 5 = 12$ . Таким образом, указав перед именем диапазона соответствующее имя листа с восклицательным знаком (!), можно обратиться к диапазону на листе, отличном от того листа, где диапазон был определен.

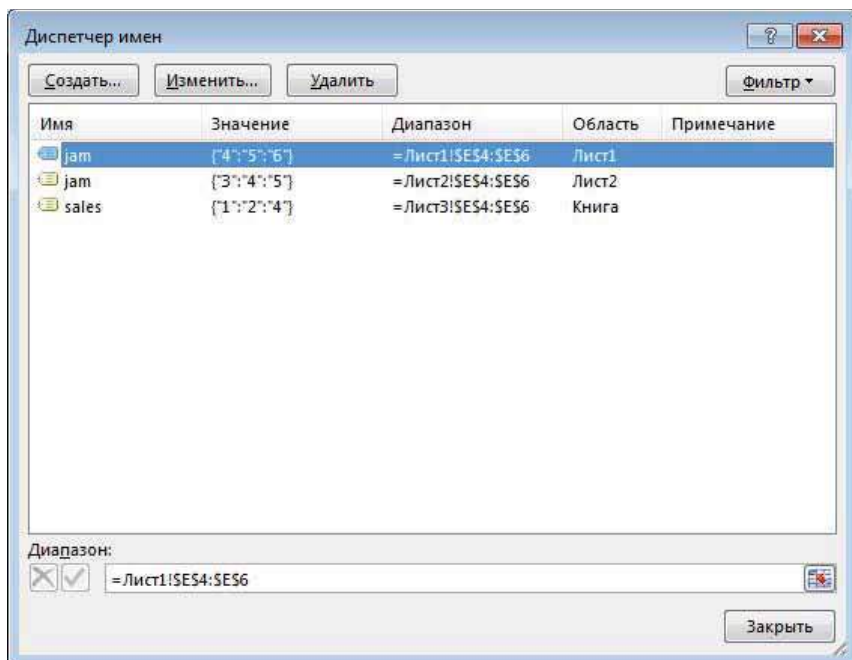


Рис. 1.13. Имена на уровне листа и на уровне книги в диалоговом окне Диспетчер имен

Мне действительно начинают нравиться имена диапазонов. Я стал определять имена диапазонов для многих разрабатываемых в офисе книг. Однако эти имена не появляются в моих формулах. Как добиться отображения недавно созданных имен диапазонов в ранее созданных формулах?

Рассмотрим файл Applynames.xlsx и рис. 1.14.

	Е	Ф
3	цена	\$5,00
4	потребность	8500
5	себестоимость	\$4,00
6	затраты	\$3 000,00
7	прибыль	\$5 500,00

Рис. 1.14. Новые имена диапазонов в старых формулах

Ячейка F3 содержит цену продукта, а ячейка F4 — потребность в продукте  $=10000 - 300 * F3$ . В ячейки F5 и F6 введена себестоимость единицы продукции и постоянные затраты, соответственно. Прибыль вычисляется в ячейке F7 по формуле  $=F4 * (F3 - F5) - F6$ . В диапазон E3:E7 введены новые имена. Выделите диапазон E3:F7, затем для присвоения ячейке F3 имени цена, ячейке F4 имени потребность, ячейке F5 имени себестоимость, ячейке F6 имени затраты и ячейке F7 имени прибыль используйте вкладку **ФОРМУЛЫ** (FORMULAS), инструмент **Создать из выделенного** (Create from Selection) и флажок **в столбце слева** (Left column). Теперь имена созданных диапазонов необходимо отобразить в формулах ячеек F4 и F7. Для применения имен сна-

чала выделите диапазон, для которого они создаются (в данном случае F3:F7). Затем на вкладке **ФОРМУЛЫ** (FORMULAS) в группе **Определенные имена** (Defined Names) нажмите стрелку раскрывающегося списка **Присвоить имя** (Define Name) и выберите инструмент **Применить имена** (Apply Names). Выделите в окне имена, которые требуется применить, и нажмите кнопку **ОК**. Обратите внимание, что в ячейке F4 теперь находится формула  $=10000-300*\text{цена}$ , а в ячейке F7 формула  $=\text{потребность}*(\text{цена}-\text{себестоимость})-\text{затраты}$ , что и требовалось.

Кстати, если имена диапазонов необходимо применить ко всему листу, выделите весь лист с помощью кнопки **Выделить все** (Select All) на пересечении заголовков столбцов и строк.

### Каким образом можно вставить список имен всех диапазонов (и представляемых ими ячеек) в лист?

Откройте окно **Вставка имени** (Paste Name) с помощью клавиши <F3> и нажмите кнопку **Все имена** (Paste List) — см. рис. 1.12. На листе, начиная с текущей ячейки, появится список имен диапазонов и соответствующих им ячеек.

### Предполагаемый годовой доход вычисляется как кратный прошлогоднему доходу. Существует ли способ ввести формулу в виде $(1+\text{прирост})*\text{предыдущий\_год}$ ?

Решение этой проблемы ищите в файле Last year.xlsx. Как показано на рис. 1.15, требуется вычислить доходы за 2012—2018 гг. с приростом 10% в год, начиная с базового уровня 300 млн долларов в 2011 г.

	A	B	C	D
1				
2				
3	прирост	0,1		
4				
5		доход		
6	2011	300		
7	2012	330		
8	2013	363		
9	2014	399,3		
10	2015	439,23		
11	2016	483,153		
12	2017	531,4683		
13	2018	584,6151		

Рис. 1.15. Создание имени диапазона для предыдущего года

Сначала в поле **Имя** (Name) присвойте ячейке B3 имя **прирост**. Теперь самое интересное! Переместите курсор в ячейку B7 и на вкладке **ФОРМУЛЫ** (FORMULAS) в группе **Определенные имена** (Defined Names) выберите инструмент **Присвоить имя** (Define Name) для открытия диалогового окна **Создание имени** (New Name). Введите данные, как показано на рис. 1.16.



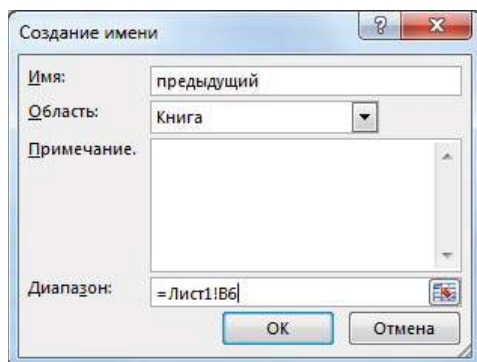


Рис. 1.16. Для любой ячейки это имя указывает на ячейку, находящуюся над активной ячейкой

Поскольку активной является ячейка B7, Excel всегда будет интерпретировать имя диапазона как указывающее на ячейку, находящуюся над текущей ячейкой. Это не будет работать, если в ссылке на ячейку B6 останется знак доллара, поскольку он не позволит изменить ссылку на строку и указать строку непосредственно над активной ячейкой. Если в ячейку B7 ввести формулу `=предыдущий*(1+прирост)` и скопировать ее в диапазон B8:B13, каждая ячейка будет содержать требуемую формулу, по которой содержимое ячейки непосредственно над активной ячейкой будет умножаться на 1,1.

**Для каждого дня недели дана почасовая оплата и количество отработанных часов. Можно ли вычислить итоговую сумму зарплаты за каждый день по формуле `почасовая_оплата*часы`?**

Как показано на рис. 1.17 (см. файл `Namedrows.xlsx`), в строке 12 содержится почасовая оплата по дням недели, а в строке 13 — количество отработанных часов в каждый из дней недели.

На рис. 1.17 показана почасовая оплата и количество отработанных часов для каждого дня недели. В строке 14 вычисляется заработная плата по формуле `=почасовая*часы`.

	E	F	G	H	I	J	K	L
11		Понедельник	Вторник	Среда	Четверг	Пятница	Суббота	Воскресенье
12	почасовая	\$ 5,00	\$ 6,00	\$ 7,00	\$ 8,00	\$ 9,00	\$ 15,00	\$ 15,00
13	часы	55	65	75	65	77	88	36
14	зарплата	\$ 275,00	\$ 390,00	\$ 525,00	\$ 520,00	\$ 693,00	\$ 1 320,00	\$ 540,00

Рис. 1.17. Расчет зарплаты по дням недели

Выберите строку 12 (щелкните на 12) и в поле **Имя** (Name) введите имя `почасовая`. Выберите строку 13 и введите в поле **Имя** (Name) имя `часы`. Если теперь в ячейку F14 ввести формулу `=почасовая*часы` и скопировать эту формулу в диапазон G14:L14, то в каждом столбце автоматически появится результат перемножения значений почасовой оплаты и отработанных часов.

## Примечания

---

- ◆ В Excel невозможно использовать в качестве имен диапазонов буквы *r* и *c*.
- ◆ Единственными символами, которые можно использовать в именах диапазонов, являются точка (.) и подчеркивание (\_).
- ◆ При использовании инструмента **Создать из выделенного** (Create from Selection) пробелы в созданном имени автоматически будут заменены символами подчеркивания (\_). Например, имя Product 1 будет создано как Product\_1.
- ◆ Имена диапазонов не могут начинаться с цифр или выглядеть как ссылка на ячейку. Например, в качестве имен диапазонов невозможно использовать имена 3Q и A4. Кроме того, в Microsoft Excel 2013 имеется более 16 000 столбцов, и такие имена, как cat1, являются недопустимыми, поскольку существует ячейка с именем CAT1. Если попытаться присвоить ячейке имя CAT1, появится сообщение о том, что введено недопустимое имя. В случае необходимости используйте подчеркивание (\_) и назовите ячейку cat1\_.

## Задания

---

1. В файле Stock.xlsx содержатся данные о ежемесячной доходности акций General Motors и Microsoft. Присвойте имена диапазонам, содержащим ежемесячную доходность для каждой акции, и вычислите среднемесячную доходность каждой акции.
2. Создайте новую пустую книгу и присвойте имя Red диапазону, содержащему ячейки A1:B3 и A6:B8.
3. В файле Citydistances.xlsx в ячейки Q5 и Q6 введите широту и долготу любого города, а в ячейки Q7 и Q8 широту и долготу другого города. В ячейке Q10 вычисляется расстояние между двумя городами. Определите имена диапазонов для широты и долготы каждого города и убедитесь, что эти имена отображаются в формуле для расчета расстояния.
4. В файле Sharedata.xlsx содержится количество акций (shares) для каждого вида акций и цена одной акции (price). Вычислите стоимость акций для каждого вида по формуле =shares\*price.
5. Создайте имя диапазона для расчета среднего значения продаж за последние пять лет. Предполагается, что годовые продажи перечислены в единственном столбце. Используйте данные из файла Last5.xlsx.

## ГЛАВА 2

# Функции поиска

### Обсуждаемые вопросы

- ◆ Как составить формулу для вычисления налоговых ставок на основе дохода?
- ◆ Как посмотреть цену продукта, если указан идентификатор продукта?
- ◆ Предположим, что цена продукта изменяется со временем. Известна дата продажи продукта. Как составить формулу для определения цены продукта?

## Синтаксис функций поиска

---

В Excel функции поиска позволяют просматривать значения в диапазонах на листах книги. В Microsoft Excel 2013 можно выполнять как вертикальный просмотр (с помощью функции **ВПР**), так и горизонтальный просмотр (с помощью функции **ГПР**). При вертикальном просмотре операция поиска начинается с первого столбца диапазона. При горизонтальном просмотре поиск начинается с первой строки диапазона. В данной главе больше внимания уделяется функции **ВПР**, поскольку в большинстве формул используется вертикальный просмотр.

### Синтаксис функции **ВПР**

Синтаксис функции **ВПР** (**VLOOKUP**) приведен далее. В квадратных скобках ( [ ] ) указываются необязательные аргументы.

**ВПР**(искомое\_значение;таблица;номер\_столбца; [интервальный\_просмотр] )

- ◆ **искомое\_значение** (**lookup\_value**) — значение для поиска в первом столбце таблицы.
- ◆ **таблица** (**table\_range**) — диапазон, включающий всю таблицу поиска. В табличный диапазон входит первый столбец, в котором выполняется поиск искомого значения, и любые другие столбцы, в которых требуется просмотреть результаты расчетов по формулам.
- ◆ **номер\_столбца** (**column\_index**) — номер столбца в таблице, из которого функция поиска возвращает значение.
- ◆ **интервальный\_просмотр** (**range\_lookup**) является необязательным аргументом. Он определяет точность или приблизительность соответствия. Если значение **интервальный\_просмотр** равно **ИСТИНА** или опущено, первый столбец табличного диапазона должен быть отсортирован в порядке возрастания. Если значение **интерваль-**

ный\_просмотр равно ИСТИНА или опущено и в первом столбце таблицы найдено точное соответствие искомому значению, поиск возвращаемого значения основывается на табличной строке, в которой найдено точное соответствие. Если значение интервальный\_просмотр равно ИСТИНА или опущено и точного соответствия не существует, в этом случае поиск основывается на наибольшем значении в первом столбце, которое не превышает искомое значение. Если значение интервальный\_просмотр равно ЛОЖЬ и в первом столбце таблицы найдено точное соответствие искомому значению, поиск возвращаемого значения основывается на табличной строке, в которой найдено точное соответствие. Если точное соответствие не найдено, Excel возвращает сообщение об ошибке #Н/Д (значение недоступно). Обратите внимание, что значение 1 для аргумента интервальный\_просмотр эквивалентно значению ИСТИНА, а значение 0 эквивалентно значению ЛОЖЬ.

## Синтаксис функции ГПР

Функция ГПР (HLOOKUP) осуществляет поиск искомого значения в первой строке (а не в первом столбце) таблицы. Для функции ГПР используйте синтаксис функции ВПР, только замените параметр номер\_столбца параметром номер\_строки.

Теперь рассмотрим несколько интересных примеров использования функций поиска.

## Ответы на вопросы в начале главы

В этом разделе приведены ответы на вопросы, перечисленные в начале главы.

### Как составить формулу для вычисления налоговых ставок на основе дохода?

Далее приведен пример работы функции ВПР с первым столбцом таблицы, состоящим из чисел, отсортированных в порядке возрастания. Предположим, что налоговая ставка зависит от дохода (табл. 2.1).

*Таблица 2.1. Налоговая ставка на доходы*

Уровень доходов, долларов	Налоговая ставка, %
0—9999	15
10 000—29 999	30
30 000—99 999	34
100 000 и выше	40

Пример составления формулы расчета налоговой ставки для любого уровня доходов см. в файле Lookup.xlsx, показанном на рис. 2.1.

Сначала в диапазон ячеек D6:E9 были введены соответствующие данные (налоговые ставки и точки останова). Таблице D6:E9 присвоено имя lookup. Рекомендуется всегда присваивать имена ячейкам, используемым в качестве табличного диапазона.

В этом случае необходимость помнить точное местонахождение таблицы отпадает, и при копировании любой формулы, включающей функцию поиска, диапазон поиска всегда будет правильным. Затем для иллюстрации работы функции поиска в диапазон D13:D17 были введены значения доходов. Налоговая ставка для уровней доходов, перечисленных в диапазоне D13:D17, была рассчитана путем копирования формулы =ВПР(D13;Lookup;2;ИСТИНА) из E13 в E14:E17. Изучите работу функции поиска в ячейках E13:E17. Обратите внимание, что ответ всегда берется из второго столбца таблицы, поскольку в формуле указан номер столбца 2.

	С	D	E	F
3	<b>Таблицы поиска</b>			
4				
5		<b>Доход</b>	<b>Налоговая ставка</b>	
6		0	0,15	
7		10000	0,3	
8		30000	0,34	
9		100000	0,4	
10				
11			<b>ИСТИНА</b>	<b>ЛОЖЬ</b>
12		<b>Доход</b>	<b>Ставка</b>	
13		-1000	#Н/Д	#Н/Д
14		30000	0,34	0,34
15		29000	0,3	#Н/Д
16		98000	0,34	#Н/Д
17		104000	0,4	#Н/Д

Рис. 2.1. Функция поиска для расчета налоговой ставки. Числа в первом столбце таблицы отсортированы в порядке возрастания

В ячейке D13 доход, равный -1000, вызвал появление ошибки #Н/Д, поскольку такая сумма (-1000 долларов) меньше самого низкого уровня доходов в первом столбце таблицы. Если требуется связать налоговую ставку 15% с доходом -1000 долларов, замените 0 в ячейке D6 числом, не превышающим -1000.

- ◆ В ячейке D14 доход в 30 000 долларов точно соответствует значению в первом столбце таблицы, поэтому функция возвращает значение ставки 34%.
- ◆ В ячейке D15 уровень дохода в 29 000 долларов не имеет точного соответствия в первом столбце таблицы. Это означает, что функция поиска остановилась на самом большом числе в первом столбце таблицы, не превышающем 29 000 долларов; в данном случае это 10 000 долларов. Функция возвратила налоговую ставку из второго столбца таблицы, соответствующую 10 000 долларов, а именно 30%.
- ◆ В ячейке D16 уровень дохода в 98 000 долларов не имеет точного соответствия значению в первом столбце таблицы. Функция поиска остановилась на самом большом числе в первом столбце таблицы, не превышающем 98 000 долларов. Она возвратила налоговую ставку из второго столбца таблицы, соответствующую 30 000 долларов, т. е. 34%.

♦ В ячейке D17 уровень дохода в 104 000 долларов не имеет точного соответствия в первом столбце таблицы. Функция поиска остановилась на самом большом числе в первом столбце таблицы, не превышающем 104 000 долларов, что означает возврат налоговой ставки из второго столбца таблицы, соответствующей 100 000 долларов, а именно 40%.

В ячейках F13:F17 значение аргумента `интервальный_просмотр` было изменено с `ИСТИНА` на `ЛОЖЬ`, и из ячейки F13 в ячейки F14:F17 была скопирована формула `=ВПР(D13;Lookup;2;ЛОЖЬ)`. В ячейке F14 по-прежнему содержится значение налоговой ставки 34%, поскольку в первом столбце таблицы имеется точное соответствие — 30000. Во всех других ячейках диапазона F13:F17 можно видеть ошибку #Н/Д, поскольку ни один из других уровней дохода в ячейках D13:D17 не имеет точного соответствия в первом столбце таблицы.

### Как посмотреть цену продукта, если указан идентификатор продукта?

Довольно часто первый столбец таблицы содержит числа, не отсортированные в порядке возрастания. Например, в первом столбце таблицы могут быть перечислены идентификационные коды продуктов или имена сотрудников. В процессе обучения тысяч финансовых аналитиков я обнаружил, что многие из них не умеют обращаться с функциями поиска, если первый столбец таблицы состоит не из чисел в возрастающем порядке. В этой ситуации следует помнить только одно простое правило: для аргумента `интервальный_просмотр` следует указать значение `ЛОЖЬ`.

Например, в файле `Lookup.xlsx` (рис. 2.2) содержатся цены для пяти продуктов, перечисленных в соответствии с их идентификационными кодами. Каким образом следует составить формулу, которая по идентификационному коду продукта возвращала бы цену продукта?

	Н	И
	Идентификатор	
10	продукта	Цена
11	A134	\$ 3,50
12	B242	\$ 4,20
13	X212	\$ 4,80
14	C413	\$ 5,00
15	B2211	\$ 5,20
16		
17	Идентификатор	Цена
18	B2211	3,5
19	B2211	5,2

Рис. 2.2. Поиск цен по идентификационным кодам продуктов.

Если таблица не отсортирована в порядке возрастания, укажите в формуле значение `ЛОЖЬ` для последнего аргумента функции поиска

Очевидно, многие ввели бы в ячейку I18 такую формулу: `=ВПР(H18;Lookup2;2)`. Но, если четвертый аргумент (`интервальный_просмотр`) опущен, предполагается, что его значение равно `ИСТИНА`. В этом случае была бы возвращена неправильная цена (3,50),

поскольку идентификаторы продуктов в таблице Lookup2 (ячейки H11:I15) перечислены не в алфавитном порядке. Если ввести в ячейку I18 формулу =ВПР (H18;Lookup2;2;ЛОЖЬ), будет возвращена правильная цена (5,20).

Аналогично, значение ЛОЖЬ можно указать в формуле для поиска зарплаты сотрудника по его фамилии или идентификационному номеру.

Кстати, на рис. 2.2 видно, что столбцы А—G скрыты. Для этого сначала выделите столбцы, которые требуется скрыть. Затем откройте вкладку **ГЛАВНАЯ (НОМЕ)** ленты Excel. В группе **Ячейки (Cells)** нажмите на стрелку раскрывающегося списка **Формат (Format)**, в разделе **Видимость (Visibility)** выберите **Скрыть или отобразить (Hide & Unhide)** и затем выберите **Скрыть столбцы (Hide Columns)**.

**Предположим, что цена продукта изменяется со временем. Известна дата продажи продукта. Как составить формулу для определения цены продукта?**

Допустим, что цена продукта зависит от даты его продажи. Каким образом можно написать для формулы функцию поиска правильной цены продукта? Например, для случая, представленного в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Дата продажи	Цена, долларов
Январь—апрель 2005 г.	98
Май—июль 2005 г.	105
Август—декабрь 2005 г.	112

Напишите формулу определения правильной цены продукта для любой даты продажи продукта в 2005 г. Для разнообразия воспользуйтесь функцией ГПР. Даты изменения цены приведены в первой строке таблицы (см. файл Datelookup.xlsx и рис. 2.3).

	A	B	C	D
1				
2	Дата	01.01.2005	01.05.2005	01.08.2005
3	Цена	98	105	112
4				
5				
6				
7		Дата	Цена	
8		04.01.2005	98	
9		10.05.2005	105	
10		12.09.2005	112	
11		01.05.2005	105	

Рис. 2.3. Функция ГПР для определения цены, изменяющейся в зависимости от даты продажи

Формула =ГПР (B8,lookup,2,ИСТИНА) скопирована из ячейки C8 в ячейки C9:C11. В ней сравниваются даты в столбце в с первой строкой диапазона B2:D3. Для любой даты между 1 января и 30 апреля функция поиска выбирает 1 января и возвращает зна-

чение цены из ячейки B3; для любой даты между 1 мая и 31 июля функция поиска выбирает 1 мая и возвращает значение цены из ячейки C3; и для любой даты после 1 августа выбирается 1 августа и возвращается значение цены из ячейки D3.

## Задания

1. В файле Hr.xlsx указаны идентификационные номера, зарплаты и стаж работы сотрудников. Напишите формулу для поиска зарплаты сотрудника по заданному идентификационному коду. Напишите еще одну формулу, определяющую стаж сотрудника по его идентификационному коду.
2. В файле Assign.xlsx представлено распределение сотрудников по четырем группам. Также дана пригодность каждого сотрудника для работы в каждой группе (по шкале от 0 до 10). Напишите формулу, определяющую пригодность каждого сотрудника для группы, в которую он назначен.
3. Вы подумываете о рекламе продуктов Microsoft в спортивных телепередачах. Чем больше рекламных объявлений вы покупаете, тем ниже цена одного объявления (табл. 2.3).

**Таблица 2.3**

Количество рекламных объявлений	Цена одного рекламного объявления, долларов
1—5	12 000
6—10	11 000
11—20	10 000
21 и более	9000

Например, при покупке 8 рекламных объявлений за одно объявление придется заплатить 11 000 долларов, а при покупке 14 объявлений — 10 000 долларов. Напишите формулу расчета общей стоимости покупки произвольного количества рекламных объявлений.

4. Вы подумываете о рекламе продуктов Microsoft в популярной телевизионной музыкальной программе. За первую группу рекламных объявлений вы платите определенную цену, но если вы покупаете больше рекламных объявлений, цена за одно объявление снижается (табл. 2.4).

Например, при покупке 8 рекламных объявлений первые 5 объявлений обходятся по цене 12 000 долларов за объявление, а каждое из трех оставшихся — по цене 11 000 долларов. При покупке 14 объявлений, первые 5 стоят по 12 000 долларов, следующие 5 по 11 000 долларов и оставшиеся 4 по 10 000 долларов. Напишите формулу для определения общей стоимости покупки произвольного количества объявлений. Подсказка: возможно, потребуется не менее трех столбцов в таблице и две функции поиска в формуле.



Таблица 2.4

Количество рекламных объявлений	Цена одного рекламного объявления, долларов
1—5	12 000
6—10	11 000
11—20	10 000
21 и более	9000

5. В табл. 2.5 приведены ежегодные процентные ставки по предоставляемым банком кредитам на 1, 5, 10 или 30 лет.

Таблица 2.5

Срок кредитования, лет	Процентная ставка, %
1	6
5	7
10	9
30	10

Если кредит в банке взят на любой срок от 1 до 30 лет, не указанный в таблице, процентная ставка рассчитывается путем интерполяции между ставками, указанными в таблице. Например, если кредит взят на 15 лет, процентная ставка для этого срока определяется по формуле:

$$\frac{1}{4}(9) + \frac{3}{4}(10) = 9,75\%.$$

Напишите формулу расчета процентной ставки по кредиту для любого срока от 1 года до 30 лет.

6. Расстояние между любыми двумя городами США (за исключением городов на Аляске и Гавайях) можно приблизительно вычислить по следующей формуле:

$$69 \cdot \sqrt{(\text{lat}_1 - \text{lat}_2)^2 + (\text{long}_1 - \text{long}_2)^2}.$$

В файле Citydata.xlsx указана широта и долгота для некоторых городов США. Создайте таблицу, определяющую расстояние между любыми двумя городами из этого списка.

7. На первом листе в файле Pinevalley.xlsx указаны зарплаты нескольких сотрудников Университета Pine Valley, на втором листе указан возраст сотрудников, на третьем — стаж работы. Создайте четвертый лист, содержащий зарплату, возраст и стаж каждого сотрудника.

8. В файле `Lookupmultiplecolumns.xlsx` содержатся данные о нескольких продажах в магазине электроники. Имя продавца будет введено в ячейку `B17`. Напишите формулу Excel, которую можно скопировать из ячейки `C17` в ячейки `D17:F17` и которая извлекает и помещает данные о продаже этим продавцом радиотоваров в ячейку `C17`, телевизоров в ячейку `D17`, принтеров в ячейку `E17` и компакт-дисков в ячейку `F17`.
9. В файле `Grades.xlsx` содержатся экзаменационные баллы студентов. Шкала соотношения баллов и оценок приведена в табл. 2.6.

Таблица 2.6

Баллы	Оценка
Ниже 60	F
60—69	D
70—79	C
80—89	B
90 и выше	A

Используйте формулу Excel для определения буквенной оценки каждого студента на этом экзамене.

10. В файле `Employees.xlsx` содержится рейтинг (по шкале от 0 до 10), присвоенный каждым из 35 сотрудников трем заданиям. В файле также указаны задания, назначенные каждому сотруднику. С помощью формулы определите рейтинг, который каждый сотрудник присвоил назначенному ему заданию.
11. Предположим, что один доллар можно обменять на 1000 иен, 5 песо или 0,7 евро. Создайте электронную таблицу, в которой можно ввести сумму в долларах США и указать валюту и затем перевести введенную сумму в указанную валюту.

## ГЛАВА 3

# Функция *Индекс*

### Обсуждаемые вопросы

- ◆ Имеется список расстояний между городами США. Как должна выглядеть функция, возвращающая расстояние, например, между Сиэтлом и Майами?
- ◆ Можно ли написать формулу со ссылкой на весь столбец, содержащий расстояния между другими городами и Сиэтлом?

### Синтаксис функции *Индекс*

---

Функция `ИНДЕКС` (`INDEX`) возвращает содержимое ячейки в указанной строке и указанном столбце внутри массива чисел. Наиболее часто для функции `ИНДЕКС` используется следующий синтаксис:

`ИНДЕКС(массив; номер_строки; номер_столбца)`

Для примера формула `=ИНДЕКС(A1:D12; 2; 3)` возвращает содержимое ячейки во второй строке третьего столбца массива `A1:D12`. Это ячейка `C2`.

### Ответы на вопросы в начале главы

---

В этом разделе приведены ответы на вопросы, перечисленные в начале главы.

**Имеется список расстояний между городами США. Как должна выглядеть функция, возвращающая расстояние, например, между Сиэтлом и Майами?**

В файле `Index.xlsx` (рис. 3.1) содержатся данные о расстояниях между восемью городами США. Диапазону `C10:J17` с этими данными присвоено имя `Distances`.

Предположим, что необходимо ввести в ячейку расстояние между Бостоном и Денвером. Поскольку расстояния от Бостона перечислены в первой строке массива `Distances`, а расстояния до Денвера указаны в четвертом столбце массива, соответствующая формула выглядит следующим образом: `=ИНДЕКС(distances; 1; 4)`. Результат показывает, что Бостон и Денвер разделяет 1991 миля. Аналогично, расстояние (гораздо более значительное) между Сиэтлом и Майами можно получить по формуле `=ИНДЕКС(distances; 6; 8)`. Сиэтл и Майами находятся друг от друга на расстоянии 3389 миль.

Представьте себе, что житель Сиэтла Курт Совеин отправляется на машине в гости к родственникам в Финикс, Лос-Анджелес (привет Южно-Калифорнийскому уни-

верситету!), Денвер, Даллас и Чикаго. После этого Курт возвращается в Сиэтл. Легко ли подсчитать, сколько миль проедет Курт? Как показано на рис. 3.2, следует просто перечислить города в порядке посещения (8-7-5-4-3-2-8), начиная и заканчивая Сиэтлом, и скопировать формулу =ИНДЕКС(distances;C21;C22) в ячейки с D21 по D26. Формула в ячейке D21 определяет расстояние между Сиэтлом и Финиксом (город номер 7), формула в ячейке D22 — расстояние между Финиксом и Лос-Анджелесом и т. д. Всего Курт проедет 7112 миль. И просто забавы ради покажите с помощью функции ИНДЕКС, что команда Miami Heat путешествует за сезон больше любой другой команды НБА.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
4		Бостон-Денвер	1991			Расстояние до Сиэтла	15221			
5		Сиэтл-Майами	3389							
6										
7										
8										
9			Бостон	Чикаго	Даллас	Денвер	Лос-Анджелес	Майами	Финикс	Сиэтл
10	1	Бостон	0	983	1815	1991	3036	1539	2664	2612
11	2	Чикаго	983	0	1205	1050	2112	1390	1729	2052
12	3	Даллас	1815	1205	0	801	1425	1332	1027	2404
13	4	Денвер	1991	1050	801	0	1174	2100	836	1373
14	5	Лос-Анджелес	3036	2112	1425	1174	0	2757	398	1909
15	6	Майами	1539	1390	1332	2100	2757	0	2359	3389
16	7	Финикс	2664	1729	1027	836	398	2359	0	1482
17	8	Сиэтл	2612	2052	2404	1373	1909	3389	1482	0

Рис. 3.1. Использование функции ИНДЕКС для определения расстояния между городами

	C	D	E
19	Путешествие на машине!		
20	Город	Расстояние	
21	8	1482	
22	7	398	
23	5	1174	
24	4	801	
25	3	1205	
26	2	2052	
27	8		
28	Всего	7112	

Рис. 3.2. Расстояния для путешествия Курта

**Можно ли написать формулу со ссылкой на весь столбец, содержащий расстояния между другими городами и Сиэтлом?**

Функция ИНДЕКС позволяет сослаться на всю строку или весь столбец какого-либо массива. Если установить значение 0 для номера строки, то функция ИНДЕКС будет ссылаться на указанный столбец. А если установить 0 для номера столбца, то функция ИНДЕКС ссылается на указанную строку. Предположим, необходимо определить суммарное расстояние между всеми перечисленными городами и Сиэтлом. Можно ввести любую из следующих формул:

=СУММ(ИНДЕКС(distances;8;0))

=СУММ(ИНДЕКС(distances;0;8))

В первой формуле суммируются числа в восьмой строке (строка 17) массива Distances; во второй формуле суммируются числа в восьмом столбце (столбец J) массива Distances. И в том, и в другом случае суммарное расстояние от Сиэтла до других городов и от этих городов до Сиэтла составляет 15 221 миль (см. рис. 3.1).

## Задания

---

1. С помощью функции ИНДЕКС определите расстояние между Лос-Анджелесом и Финиксом, а также расстояние между Денвером и Майами.
2. С помощью функции ИНДЕКС вычислите суммарное расстояние от Далласа до других городов.
3. Жительница Далласа, штат Техас, отправляется в путешествие на машине в Чикаго, Денвер, Лос-Анджелес, Финикс и Сиэтл. Сколько миль ей предстоит проехать?
4. В файле Product.xlsx содержатся данные о продаже шести продуктов по месяцам. С помощью функции ИНДЕКС покажите продажи продукта 2 за март. Используйте функцию ИНДЕКС для подсчета общего объема продаж за апрель.
5. В файле Nbadistances.xlsx показаны расстояния между любой парой спортивных арен НБА. Предположим, что находясь в Атланте, необходимо посетить арены в указанном порядке и затем вернуться в Атланту. Насколько длинным окажется путешествие?
6. С помощью функции ИНДЕКС выполните задание 10 из главы 2.

# Функция *ПОИСКПОЗ*

### Обсуждаемые вопросы

- ◆ Как составить формулу, возвращающую объем продаж какого-либо продукта за определенный месяц, если даны ежемесячные продажи для нескольких продуктов? Например, сколько продукта 2 было продано за июнь?
- ◆ Как составить формулу, определяющую игрока в бейсбол с самой высокой зарплатой, если дан список зарплат игроков? И как насчет игрока с пятой по величине зарплатой?
- ◆ Как составить формулу, определяющую период окупаемости для первоначальных инвестиционных затрат, если даны ежегодные денежные потоки от реализации инвестиционного проекта?

Предположим, что на листе содержится 5000 имен в пяти тысячах строк. Необходимо найти имя John Doe, про которое известно, что оно встречается в списке (причем, только один раз). Хотите узнать формулу, возвращающую номер строки, содержащей искомое имя? Функция `ПОИСКПОЗ` (`MATCH`) позволяет найти первое вхождение заданной текстовой строки или числа в пределах указанного массива. Функцию `ПОИСКПОЗ` следует использовать вместо функции поиска в случае, если требуется найти положение числа в диапазоне, а не значение в определенной ячейке. Синтаксис функции `ПОИСКПОЗ`:

`ПОИСКПОЗ(искомое_значение; просматриваемый_массив; [тип_сопоставления])`

В приведенном далее пояснении предполагается, что все ячейки в просматриваемом массиве находятся в одном и том же столбце. Здесь:

- ◆ `искомое_значение` (`lookup_value`) — это значение, с которым сопоставляются значения в просматриваемом массиве;
- ◆ `просматриваемый_массив` (`lookup_range`) — это диапазон, который просматривается для сопоставления с искомым значением. Просматриваемый массив должен быть строкой или столбцом;
- ◆ `тип_сопоставления` (`match_type`) = 1 — в этом случае просматриваемый диапазон должен состоять из чисел, отсортированных в порядке возрастания. Функция `ПОИСКПОЗ` возвращает позицию строки в просматриваемом массиве (по отношению к верхней части массива), которая содержит наибольшее значение в массиве, не превышающее искомое значение;
- ◆ `тип_сопоставления` = -1 — в этом случае просматриваемый диапазон должен состоять из чисел, отсортированных в порядке убывания. Функция `ПОИСКПОЗ` воз-

вращает позицию строки в просматриваемом массиве (по отношению к верхней части массива), которая содержит последнее значение в массиве, превышающее или равное искомому значению;

- ◆ тип\_сопоставления = 0 — возвращает местоположение строки в просматриваемом диапазоне, содержащей первое точное соответствие искомому значению. (В главе 19 рассматривается поиск второго или третьего совпадения.) Если точного соответствия не существует и тип сопоставления равен 0, появляется сообщение об ошибке #Н/Д. В большинстве случаев в функции ПОИСКПОЗ указывают тип\_сопоставления = 0, но если этот аргумент не задан, по умолчанию считается, что тип\_сопоставления = 1. Таким образом, указывайте тип\_сопоставления = 0, если содержимое ячеек просматриваемого массива не отсортировано. Такая ситуация возникает чаще всего.

В файле Matchex.xlsx (рис. 4.1) представлены три примера синтаксиса функции ПОИСКПОЗ.

	A	B	C	D	E	F	G
3							
4		Бостон			-5		6
5		Чикаго			-4		5
6		Даллас			-3		4
7		Денвер			-1		3
8		Лос-Анджелес			3		-1
9		Майами			4		-3
10		Финикс			5		-4
11		Сизтл			6		-5
12				последнее число <= 0	4	последнее число >= 4	7
13	Бостон		1				
14	Финикс		7				
15	Фин		7				

Рис. 4.1. Определение положения значения в диапазоне с помощью функции ПОИСКПОЗ

В ячейке B13 формула =ПОИСКПОЗ("Бостон";B4:B11;0) возвращает значение 1, поскольку значение Бостон содержится в первой строке диапазона B4:B11. Текстовые значения должны быть заключены в кавычки (""). В ячейке B14 формула =ПОИСКПОЗ("Финикс";B4:B11;0) возвращает значение 7, поскольку ячейка B10 (седьмая ячейка в диапазоне B4:B11) является первой ячейкой в просматриваемом диапазоне, значение которой совпадает с Финикс. В ячейке E12 формула =ПОИСКПОЗ(0;E4:E11;1) возвращает значение 4, т. к. последнее число, не превышающее 0 в диапазоне E4:E11, находится в ячейке E7 (четвертой ячейке в просматриваемом массиве). В ячейке G12 формула =ПОИСКПОЗ(-4;G4:G11;-1) возвращает значение 7, поскольку последнее число в диапазоне G4:G11, превышающее или равное -4, находится в ячейке G10 (седьмой ячейке в просматриваемом массиве).

Функция ПОИСКПОЗ также может работать с неточными соответствиями. Например, формула =ПОИСКПОЗ("Фин\*";B4:B11;0) возвращает значение 7. Звездочка обрабатывается как подстановочный символ, а это означает, что в диапазоне B4:B11 выполняется поиск первой текстовой строки, начинающейся с символов Фин. Кстати, этот же

прием работает и для функции поиска. Например, в задании по поиску цены в *главе 2* формула `=ВПР("x*";lookup2;2)` возвратит цену продукта X212 (4,80).

Если просматриваемый массив представляет собой строку, функция возвращает относительную позицию первого соответствия в массиве, просматриваемом слева направо. Как показано в следующих примерах, функция `ПОИСКПОЗ` особенно эффективна в сочетании с другими функциями Excel, такими как `ВПР`, `ИНДЕКС` или `МАКС` (`MAX`).

## Ответы на вопросы в начале главы

В этом разделе приведены ответы на вопросы, перечисленные в начале главы.

**Как составить формулу, возвращающую объем продаж какого-либо продукта за определенный месяц, если даны ежемесячные продажи для нескольких продуктов? Например, сколько продукта 2 было продано за июнь?**

В файле `Productlookup.xlsx` (рис. 4.2) перечислены объемы продаж с января по июнь для четырех кукол НБА с качающимися головами. Какую формулу следует написать для поиска данных об объемах продаж указанного продукта в определенном месяце? Хитрость заключается в использовании одной функции `ПОИСКПОЗ` для поиска строки с указанным продуктом и другой функции `ПОИСКПОЗ` для поиска столбца, содержащего заданный месяц. Затем можно применить функцию `ИНДЕКС` для возврата объема продаж продукта за этот месяц.

На рис. 4.2 показано совместное использование функций `ПОИСКПОЗ` и `ИНДЕКС` при поиске объемов продаж для любой комбинации "кукла игрока/месяц". В диапазоне `B4:G7` с именем `Sales` содержатся данные об объемах продаж кукол. Продукт, данные о котором требуется найти, указан в ячейке `A10`, а месяц — в ячейке `B10`. В ячейку `C10` введена формула `=ПОИСКПОЗ(A10;A4:A7;0)` для определения номера строки в диапазоне `Sales` с данными по кукле `Kobe`. Далее в ячейке `D10` находится формула `=ПОИСКПОЗ(B10;B3:G3;0)` для определения номера столбца в диапазоне `Sales` с данными по продажам за июнь. Теперь, когда номера строки и столбца, в которых содержатся требуемые данные по продажам, известны, можно воспользоваться формулой `=ИНДЕКС(Sales;C10;D10)` в ячейке `E10` для получения требуемых данных. Для получения дополнительной информации о функции `ИНДЕКС` см. главу 3.

	A	B	C	D	E	F	G
3		январь	февраль	март	апрель	май	июнь
4	Shaq	831	685	550	965	842	804
5	Kobe	719	504	965	816	639	814
6	MJ	916	906	851	912	964	710
7	T-Мак	844	509	991	851	742	817
8							
			№ строки продукта	№ столбца месяца	Объем продаж продукта		
9	Продукт	Месяц					
10	Kobe	июнь	2	6	814		

**Рис. 4.2.** Функция `ПОИСКПОЗ` может использоваться в сочетании с функциями `ИНДЕКС` и `ВПР`. Диапазон `B4:G7` с именем `Sales` содержит данные по объему продаж кукол



**Как составить формулу, определяющую игрока в бейсбол с самой высокой зарплатой, если дан список зарплат игроков? И как насчет игрока с пятой по величине зарплатой?**

В файле Baseball.xlsx (рис. 4.3) перечислены зарплаты, выплаченные игрокам бейсбольной лиги 401 Major League Baseball в течение сезона 2001 г. Данные по зарплате не отсортированы. Требуется составить формулу, возвращающую имя игрока с самой высокой зарплатой, а также имя игрока с пятой по величине зарплатой.

Для поиска игрока с самой высокой зарплатой выполните следующее:

1. С помощью функции `МАКС` определите значение самой высокой зарплаты.
2. С помощью функции `ПОИСКПОЗ` определите строку, содержащую имя игрока с самой высокой зарплатой.
3. С помощью функции `ВПР` (обрабатывающей строку данных с зарплатой игрока) найдите имя игрока.

Данные о зарплатах игроков содержатся в диапазоне `C12:C412` с именем `Salaries`. Диапазон, указанный в функции `ВПР` (диапазон `A12:C412`), называется `Lookup`.

	A	B	C	D
6		имя	Alex Rodriguez	dl-Derek Jeter
7			самая высокая	5-ая по величине
8		позиция игрока	345	232
9		сумма	22000000	12600000
10				
11		имя	зарплата	
12	1	dl-Mo Vaughn	13166667	
13	2	Tim Salmon	5683013	
14	3	Garret Anderson	4500000	
15	4	Darin Erstad	3450000	
16	5	Troy Percival	3400000	
17	6	Ismael Valdes	2500000	
18	7	Pat Rapp	2000000	
19	8	Glenallen Hill	1500000	
20	9	Troy Glaus	1250000	
21	10	Shigetoshi Hasegaw	1150000	
22	11	Scott Spiezio	1125000	
23	12	Orlando Palmeiro	900000	
24	13	Alan Levine	715000	
25	14	Mike Holtz	705000	
26	15	Jorge Fabregas	500000	

**Рис. 4.3.** Поиск и отображение самого большого значения в списке с помощью функций `МАКС`, `ПОИСКПОЗ` и `ВПР`

В ячейке `C9` по формуле `=MAX(Salaries)` найдите самую высокую зарплату (22 млн долларов). Затем в ячейке `C8` по формуле `=ПОИСКПОЗ(C9;Salaries;0)` определите номер игрока с самой высокой зарплатой. Так как зарплаты не отсортированы ни в порядке возрастания, ни в порядке убывания, используется аргумент `тип_сопоставления = 0`. Самую высокую зарплату имеет игрок с номером 345. Наконец, в ячейке `C6` по формуле `=ВПР(C8;Lookup;2)` найдите имя игрока во втором столбце диапазона `Lookup`. Не удивительно, что самым высокооплачиваемым игроком в 2001 г. был Алекс Родригес (Alex Rodriguez).

Для поиска имени игрока с пятой по величине зарплатой необходима функция поиска пятого по величине числа в массиве. Эту работу выполнит функция `НАИБОЛЬШИЙ` (`LARGE`). Ее синтаксис: `НАИБОЛЬШИЙ(массив, k)`. В таком виде она возвращает  $k$ -е по величине число в диапазоне. Таким образом, формула `=НАИБОЛЬШИЙ(salaries;5)` в ячейке D9 дает пятую по величине зарплату (12,6 млн долларов). Действуя по описанному выше алгоритму, вы обнаружите, что игроком с пятой по величине зарплатой был Дерек Джетер (Derek Jeter). (Буквы dl перед его именем указывают, что в начале сезона Джетер был в списке травмированных игроков.) Функция `НАИМЕНЬШИЙ` (`SMALL`) в формуле `=НАИМЕНЬШИЙ(salaries;5)` служит для поиска пятой снизу по величине зарплаты.

**Как составить формулу, определяющую период окупаемости для первоначальных инвестиционных затрат, если даны ежегодные денежные потоки от реализации инвестиционного проекта?**

В файле `Payback.xlsx` (рис. 4.4) показаны прогнозируемые денежные потоки для инвестиционного проекта в следующие 15 лет. Предположим, что в нулевой период потребовался отток денежных средств в размере 100 млн долларов. За первый год проект вызвал приток денежных средств в размере 14 млн долларов. Ожидается, что денежные потоки будут расти на 10% в год. Сколько лет пройдет, прежде чем инвестиции в проект окупятся?

	A	B	C	D	E
1	1 год: приток средств	14			Период окупаемости
2	Прирост	0,1			
3	Начальные инвестиции	-100			
4	Год	Ежегодный денежный поток	Суммарный денежный поток		
5	0	-100	-100		
6	1	14	-86		
7	2	15,4	-70,6		
8	3	16,94	-53,66		
9	4	18,634	-35,026		
10	5	20,4974	-14,5286		
11	6	22,54714	8,01854		
12	7	24,801854	32,820394		
13	8	27,2820394	60,1024334		
14	9	30,01024334	90,11267674		
15	10	33,01126767	123,1239444		
16	11	36,31239444	159,4363389		
17	12	39,94363389	199,3799727		
18	13	43,93799727	243,31797		
19	14	48,331797	291,649767		
20	15	53,1649767	344,8147437		

Рис. 4.4. Вычисление периода окупаемости инвестиций с помощью функции `ПОИСКПОЗ`

Количество лет, необходимых для возврата первоначальных инвестиционных затрат на проект, называется *периодом окупаемости*. В высокотехнологичных отраслях период окупаемости часто используется для ранжирования инвестиционных проектов. (В главе 7 показано, что использование периода окупаемости как меры

качества инвестиционных проектов является некорректным, поскольку при этом игнорируется изменение стоимости денег во времени.) В данный момент, однако, сосредоточимся на способе определения периода окупаемости для этой упрощенной инвестиционной модели.

Для определения периода окупаемости проекта выполните следующее:

1. В столбце *v* вычислите денежный поток для каждого года.
2. В столбце *s* вычислите суммарный денежный поток для каждого года.

Теперь с помощью функции `ПОИСКПОЗ` (укажите `тип_сопоставления` равным 1) определите номер строки первого года с положительным значением суммарного денежного потока. Это вычисление позволит получить период окупаемости.

Ячейкам диапазона *v1:v3* присвоены имена, соответствующие тексту в ячейках *A1:A3*. Денежный поток в нулевой период, а именно начальные инвестиции со знаком "минус" введены в ячейку *v5*. Денежный приток первого года указан в ячейке *v6*. Денежные потоки со второго года по пятнадцатый вычисляются путем копирования формулы `=B6*(1+прирост)` из ячейки *v7* в ячейки *v8:v20*.

При расчете суммарного денежного потока для нулевого периода используйте формулу из ячейки *v5* в ячейку *s5*. Для последующих лет суммарный денежный поток можно вычислить, например, по формуле:

$$\begin{aligned} & \text{суммарный\_поток\_за\_год } t = \\ & = (\text{суммарный\_поток\_за\_год } t - 1) + \text{поток\_за\_год } t. \end{aligned}$$

Для реализации этого отношения скопируйте формулу `=C5+v6` из ячейки *s6* в ячейки *s7:c20*.

Для расчета периода окупаемости с помощью функции `ПОИСКПОЗ` (укажите `тип_сопоставления` равным 1) вычислите последнюю строку диапазона *s5:c20*, содержащую значение меньше 0. Этот расчет всегда дает период окупаемости. Например, последней строкой в *s5:c20*, содержащей отрицательное значение, является шестая строка в диапазоне (год 5), седьмое значение соответствует суммарному денежному потоку того года, когда проект окупится. Поскольку в первой строке указан нулевой год, проект окупится на шестой год. Таким образом, формула `=ПОИСКПОЗ(0;s5:c20;1)` в ячейке *e2* дает срок окупаемости (6 лет). Если какие-либо денежные потоки после нулевого периода имеют отрицательное значение, этот метод не подойдет для расчета, потому что диапазон суммарных денежных потоков не будет отсортирован в порядке возрастания.

## Задания

1. Воспользуйтесь данными о расстояниях между городами США в файле `Index.xlsx` и напишите формулу с функцией `ПОИСКПОЗ` для определения (на основе названий городов) расстояния между любыми двумя городами.
2. В файле `Matchtype1.xlsx` перечислены суммы 30 сделок в хронологическом порядке. Напишите формулу для определения первой сделки, после которой общий объем сделок превысил 10 000 долларов.

3. В файле Matchthemax.xlsx содержатся идентификационные коды продуктов и показатели продаж в штуках для 265 продуктов. С помощью формулы с функцией ПОИСКПОЗ определите идентификационный код продукта с наибольшим показателем продаж.
4. В файле Buslist.xlsx содержатся интервалы времени (в минутах) между автобусами на пересечении 45-й улицы и Парк-авеню в Нью-Йорке. Напишите формулу расчета времени ожидания пассажиром автобуса для любого времени прихода пассажира на остановку (отсчет от первого автобуса). Например, если бы вы пришли на остановку, начиная с настоящего момента, через 12,4 минуты, а автобусы прибыли бы, начиная с настоящего момента, через 5 минут и через 21 минуту, вам пришлось бы ждать автобус  $21 - 12,4 = 8,6$  минуты.
5. В файле Salesdata.xlsx находятся данные о количестве компьютеров, проданных каждым продавцом. Напишите формулу, возвращающую количество проданного товара указанным продавцом.
6. Предположим, что функция ВПР была удалена из Excel. Объясните, как ее можно заменить с помощью функций ПОИСКПОЗ и ИНДЕКС.

# Текстовые функции

### Обсуждаемые вопросы

- ◆ Допустим, в книге имеется лист, в каждой ячейке которого содержится описание продукта, идентификационный код продукта и цена продукта. Как поместить все описания продуктов в столбец *A*, все идентификаторы продуктов в столбец *B* и все цены в столбец *C*?
- ◆ Каждый день приходят данные о совокупных продажах в США, которые записываются в одну ячейку как сумма региональных продаж на востоке, севере и юге. Каким образом можно извлечь и распределить продажи на востоке, севере и юге по отдельным ячейкам?
- ◆ В конце каждого учебного семестра студенты оценивают работу преподавателя по шкале от 1 до 7 баллов. Для каждой оценки известно количество выставивших ее студентов. Каким образом можно создать гистограмму оценки качества преподавания?
- ◆ Числовые данные были загружены из Интернета или из базы данных. При попытке использовать их в вычислениях появляется ошибка #ЗНАЧ!. Как решить эту проблему?
- ◆ Текстовые функции прекрасны! Но существует ли простой способ (не связанный с текстовыми функциями) извлечения имени или фамилии из данных, создания списка почтовой рассылки из списка имен, а также выполнения других рутинных операций на текстовых данных?

Отправленные через Интернет или загруженные из Интернета данные часто имеют неприемлемый формат. Например, даты и объемы продаж, которые должны находиться в отдельных ячейках, в загруженных данных по продажам могут поступать вместе в одной ячейке. Как придать данным требуемый формат? Для получения ответа на этот вопрос ознакомьтесь с текстовыми функциями Microsoft Excel. В этой главе описывается использование перечисленных далее текстовых функций и новой функциональной возможности Excel, инструмента **Мгновенное заполнение**, для обработки данных и придания им соответствующего вида:

- ◆ ЛЕВСИМВ (LEFT);
- ◆ ПРАВСИМВ (RIGHT);
- ◆ ПСТР (MID);
- ◆ СЖПРОБЕЛЫ (TRIM);
- ◆ ДЛСТР (LEN);
- ◆ НАЙТИ (FIND);

- ◆ ПОИСК (SEARCH);
- ◆ ПОВТОР (REPT);
- ◆ СЦЕПИТЬ (CONCATENATE);
- ◆ ЗАМЕНИТЬ (REPLACE);
- ◆ ЗНАЧЕН (VALUE);
- ◆ ПРОПИСН (UPPER);
- ◆ СТРОЧН (LOWER);
- ◆ ПРОПНАЧ (PROPER);
- ◆ СИМВОЛ (CHAR);
- ◆ ПЕЧСИМВ (CLEAN);
- ◆ ПОДСТАВИТЬ (SUBSTITUTE).

## Синтаксис текстовых функций

В файле Textfunctions.xlsx (рис. 5.1) находятся примеры использования текстовых функций. Начнем с небольшого обзора каждой функции, а затем рассмотрим их применение для решения конкретных задач. После этого вы сможете комбинировать функции для более сложной обработки данных.

	A	B	C	D
1	Reggie	Miller		
2				
3	Reggie Miller	4 символа слева	Regg	
4		4 символа справа	ller	
5		удаление лишних пробелов	Reggie Miller	
6		количество символов		15
7		количество символов в обработанной строке		13
8		5 символов, начиная со 2-ого	eggie	
9		поиск первого пробела		7
10		поиск первого г (зависит от регистра)		15
11		поиск первого г (не зависит от регистра)		1
12		объединение имени и фамилии	Reggie Miller	Reggie Miller
13		замена g на n	Rennie Miller	
14	текст 31	число 31		
15	31		31	
16		замена на строчные	reggie miller	
17		замена на прописные	REGGIE MILLER	I LOVE EXCEL 2013!
18		замена на правильный регистр	Reggie Miller	
19		замена всех пробелов на *	I*LOVE*EXCEL*2013!	
20		замена только третьего пробела на *	I LOVE EXCEL*2013!	

Рис. 5.1. Примеры использования текстовых функций

### Функция ЛЕВСИМВ

Функция ЛЕВСИМВ(текст, k) возвращает первые k символов текстовой строки. Например, в ячейке C3 находится формула =ЛЕВСИМВ(A3;4), которая возвращает значение Regg.

### Функция ПРАВСИМВ

Функция ПРАВСИМВ(текст, k) возвращает последние k символов текстовой строки. Например, формула =ПРАВСИМВ(A3;4) в ячейке C4 возвращает значение ller.

## Функция ПСТР

Функция ПСТР(текст, k, m) возвращает m символов текстовой строки, начиная с k-го символа. Например, формула =ПСТР(A3;2;5) в ячейке C8 возвращает символы 2—6 из ячейки A3; результат равен eggie.

## Функция СЖПРОБЕЛЫ

Функция СЖПРОБЕЛЫ(текст) удаляет все пробелы из текстовой строки за исключением одиночных пробелов между словами. Например, в ячейке C5 формула =СЖПРОБЕЛЫ(A3) удаляет два из трех пробелов между Reggie и Miller и возвращает результат Reggie Miller. Функция СЖПРОБЕЛЫ также удаляет пробелы в начале и конце содержимого ячейки.

## Функция ДЛСТР

Функция ДЛСТР(текст) возвращает количество символов в текстовой строке (включая пробелы). Например, в ячейке C6 формула =ДЛСТР(A3) возвращает значение 15, поскольку в ячейке A3 содержится 15 символов. В ячейке C7 формула =ДЛСТР(C5) возвращает значение 13. Так как в ячейке C5 находится результат удаления лишних пробелов, в ней на два символа меньше, чем в исходном тексте в ячейке A3.

## Функции НАЙТИ и ПОИСК

Функция НАЙТИ(искомый\_текст; просматриваемый\_текст; k) возвращает позицию первого символа искомого текста в просматриваемом тексте. Параметр k указывает начальную позицию поиска. Функция НАЙТИ учитывает регистр. Функция ПОИСК имеет синтаксис, аналогичный синтаксису функции НАЙТИ, но не учитывает регистр. Например, формула =НАЙТИ("r";A3;1) в ячейке C10 возвращает значение 15 — позицию первой строчной буквы r в текстовой строке Reggie Miller. (Заглавная R игнорируется, т. к. функция НАЙТИ учитывает регистр.) Формула =ПОИСК("r";A3;1) в ячейке C11 возвращает 1, потому что функция ПОИСК сопоставляет символ r как с символом нижнего, так и с символом верхнего регистра. Формула =НАЙТИ(" ";A3;1) в ячейке C9 возвращает 7, поскольку первым пробелом в строке Reggie Miller является седьмой символ.

## Функция ПОВТОР

Функция ПОВТОР используется для повторения текстовой строки указанное число раз. Синтаксис функции: ПОВТОР(текст; число\_повторений). Например, ПОВТОР("|", 3) дает в результате |||.

## Функции СЦЕПИТЬ и &

Функция СЦЕПИТЬ(текст1; текст2; ...; текст30) предназначена для объединения максимум 30 текстовых строк в одну строку. Вместо функции СЦЕПИТЬ можно воспользо-

ваться оператором **&**. Например, формула `=A1&" "&B1` в ячейке C12 возвращает строку Reggie Miller. Формула `=СЦЕПИТЬ(A1;" ";B1)` в ячейке D12 дает тот же результат.

## Функция ЗАМЕНИТЬ

Функция `ЗАМЕНИТЬ(старый_текст;k;m;новый_текст)` заменяет новым текстом *m* символов в старом тексте, начиная с *k*-го символа. Например, формула `=ЗАМЕНИТЬ(A3;3;2;"nn")` в ячейке C13 заменяет третий и четвертый символы (gg) в ячейке A3 символами nn. В результате получается Rennie Miller.

## Функция ЗНАЧЕН

Функция `ЗНАЧЕН(текст)` преобразует текстовую строку, представляющую число, в число. Например, формула `=ЗНАЧЕН(A15)` в ячейке B15 преобразует текстовую строку 31 из ячейки A15 в числовое значение 31. Значение 31 в ячейке A15 можно распознать как текст, поскольку оно выровнено по левому краю. Аналогично, значение 31 в ячейке B15 можно идентифицировать как число по выравниванию по правому краю.

## Функции ПРОПИСН, СТРОЧН и ПРОПНАЧ

Функция `ПРОПИСН(текст)` заменяет в строке *текст* все буквы прописными буквами. Например, в ячейке C17 по формуле `=ПРОПИСН(C16)` все символы преобразуются в прописные, и получается REGGIE MILLER. В ячейке C16 по формуле `=СТРОЧН(C12)` все прописные буквы заменяются строчными, и получается reggie miller. Наконец, в ячейке C18 по формуле `=ПРОПНАЧ(C17)` восстанавливается правильный регистр, и в результате получается Reggie Miller.

## Функция СИМВОЛ

Функция `СИМВОЛ(число)` возвращает (для числа между 1 и 255) символ ASCII с указанным номером. Например, `СИМВОЛ(65)` дает в результате A, `СИМВОЛ(66)` дает B, и эта последовательность может быть продолжена. Список символов ASCII находится в файле `ASCIIcharacters.xlsx`. Часть списка представлена на рис. 5.2.

## Функция ПЕЧСИМВ

Как показано на рис. 5.2, отдельные символы, такие как символ под номером 10 (перевод строки), невидимы. Функция `ПЕЧСИМВ` удаляет из ячейки некоторые, но не все, невидимые (и непечатаемые) символы ASCII. Например, функция `ПЕЧСИМВ` не удалит `СИМВОЛ(160)`, являющийся неразрывным пробелом. Удаление из ячейки таких проблематичных символов, как `СИМВОЛ(160)`, рассматривается далее в этой главе.



	C	D
1		
2		
3	№ символа	Символ
4	1	
5	2	␣
6	3	␣
7	4	␣
8	5	
9	6	-
10	7	•
11	8	█
12	9	
13	10	
14	11	␣
15	12	█
16	13	
17	14	␣
18	15	⌘
19	16	+
20	17	◀
21	18	↕
22	19	!!
23	20	¶

Рис. 5.2. Часть списка символов ASCII

## Функция ПОДСТАВИТЬ

Функция ПОДСТАВИТЬ заменяет в ячейке указанный текст, если местоположение текста неизвестно. Синтаксис функции ПОДСТАВИТЬ:

ПОДСТАВИТЬ (ячейка; старый\_текст; новый\_текст; [номер\_вхождения])

Последний аргумент является необязательным. Если он опущен, то каждое вхождение старого текста в ячейке заменяется новым текстом. Если последний аргумент присутствует (например, его значение равно n), то только n-е вхождение старого текста заменяется новым текстом. В качестве примера использования функции ПОДСТАВИТЬ рассмотрим замену пробелов в ячейке C17 звездочками. Сначала введите формулу =ПОДСТАВИТЬ(D17;" ";"\*") в ячейку C19. Каждый пробел будет заменен звездочкой (\*), и в результате получится I\*LOVE\*EXCEL\*2013!. При вводе в ячейку C20 формулы =ПОДСТАВИТЬ(D17;" ";"\*");3) произойдет замена на \* только третьего пробела, и получится I LOVE EXCEL\*2013!.

## Ответы на вопросы в начале главы

Мощь текстовых функций хорошо видна при решении некоторых актуальных задач, с которыми сталкивались бывшие студенты, работавшие в корпорациях из списка Fortune 500. Часто ключом к решению проблем является объединение нескольких текстовых функций в одну формулу.

Допустим, в книге имеется лист, в каждой ячейке которого содержится описание продукта, идентификационный код продукта и цена продукта. Как поместить все описания продуктов в столбец а, все идентификаторы продуктов в столбец в и все цены в столбец с?

В этом примере идентификационный код продукта всегда определяется первыми 12 символами, а цена всегда указана в последних 8 символах (с двумя пробелами после каждого значения цены). В решении (см. файл Lenora.xlsx и рис. 5.3) используются функции ЛЕВСИМВ, ПРАВСИМВ, ПСТР, ЗНАЧЕН, СЖПРОБЕЛЫ и ДЛСТР.

Обработку рекомендуется начинать с удаления лишних пробелов. Для этого скопируйте формулу =СЖПРОБЕЛЫ(А4) из ячейки В4 в ячейки В5:В12. Единственными удаленными пробелами в столбце А оказались пробелы после каждого значения цены. Удостоверьтесь в этом, поместив курсор в ячейку А4 и нажав клавишу <F2> для редактирования ячейки. В конце ячейки вы увидите два пустых символа. Результат применения функции СЖПРОБЕЛЫ показан на рис. 5.3. Для доказательства того, что функция СЖПРОБЕЛЫ удалила два дополнительных пробела в конце ячейки, можно определить длины строк по формулам =ДЛСТР(А4) и =ДЛСТР(В4). Убедитесь, что в ячейке А4 содержатся 52 символа, а в ячейке В4 — 50 символов.

	А	В
1	длина строки в А4	длина строки в В4
2		52
3	несжатые данные	сжатые данные
4	32592100AFES CONTROLLERPENTIUM/100,(2)1GB Н 304.00	32592100AFES CONTROLLERPENTIUM/100,(2)1GB Н 304.00
5	32592100JCP9 DESKTOP UNIT 225.00	32592100JCP9 DESKTOP UNIT 225.00
6	325927008990 DESKTOP WINDOWS NT 4.0 SERVER 232.00	325927008990 DESKTOP WINDOWS NT 4.0 SERVER 232.00
7	325926008990 DESKTOP WINDOWS NT 4.0 WKST 232.00	325926008990 DESKTOP WINDOWS NT 4.0 WKST 232.00
8	325921008990 DESKTOP, DOS OS 232.00	325921008990 DESKTOP, DOS OS 232.00
9	325922008990 DESKTOP, WINDOWS DESKTOP OS 232.00	325922008990 DESKTOP, WINDOWS DESKTOP OS 232.00
10	325925008990 DESKTOP, WINDOWS NT OS 232.00	325925008990 DESKTOP, WINDOWS NT OS 232.00
11	325930008990 MINITOWER, NO OS 232.00	325930008990 MINITOWER, NO OS 232.00
12	32593000KEYY MINI TOWER 232.00	32593000KEYY MINI TOWER 232.00

Рис. 5.3. Удаление лишних пробелов с помощью функции СЖПРОБЕЛЫ

Для получения идентификационного кода продукта необходимо извлечь 12 крайних слева символов в столбце в. Скопируйте формулу =ЛЕВСИМВ(В4;12) из ячейки С4 в ячейки С5:С12. Эта формула извлекает 12 первых символов из текста в ячейке В4 и в последующих ячейках, формируя код продукта (рис. 5.4).

Для извлечения цен, про которые известно, что они находятся в последних шести символах каждой ячейки, необходимо извлечь шесть крайних справа символов из каждой ячейки. Для этого скопируйте формулу =ЗНАЧЕН(ПРАВСИМВ(В4;6)) из ячейки D4 в ячейки D5:D12. Функция ЗНАЧЕН используется для преобразования извлеченного текста в числовое значение. Без этого преобразования математические операции над ценами в дальнейшем будут невозможны.

Извлечь описание продукта гораздо сложнее. Анализ данных показывает, что если начать извлечение с тринадцатого символа и продолжать до тех пор, пока не останется шесть символов до конца ячейки, можно получить требуемые данные. Эту

работу выполнит формула  $\text{=ПСТР}(B4;13;\text{ДЛСТР}(B4)-6-12)$ , скопированная из ячейки E4 в ячейки E5:E12. Функция  $\text{ДЛСТР}(B4)$  возвращает общее количество символов в сжатой строке. В формуле  $\text{ПСТР}$  обработка начинается с тринадцатого символа, и извлекается число символов, равное общему количеству минус 12 символов слева (код продукта) и минус 6 символов справа (цена продукта). После такой операции вычитания остаются только символы описания продукта.

	B	C	D	E
1	длина строки в B4			
2		50		
3	сжатые данные	Код продукта	Цена	Описание продукта
4	32592100AFES CONTROLLERPENTIUM/100,(2)1GB H 304.00	32592100AFES	304.00	CONTROLLERPENTIUM/100,(2)1GB H
5	32592100JCP9 DESKTOP UNIT 225.00	32592100JCP9	225.00	DESKTOP UNIT
6	325927008990 DESKTOP WINDOWS NT 4.0 SERVER 232.00	325927008990	232.00	DESKTOP WINDOWS NT 4.0 SERVER
7	325926008990 DESKTOP WINDOWS NT 4.0 WKST 232.00	325926008990	232.00	DESKTOP WINDOWS NT 4.0 WKST
8	325921008990 DESKTOP, DOS OS 232.00	325921008990	232.00	DESKTOP, DOS OS
9	325922008990 DESKTOP, WINDOWS DESKTOP OS 232.00	325922008990	232.00	DESKTOP, WINDOWS DESKTOP OS
10	325925008990 DESKTOP, WINDOWS NT OS 232.00	325925008990	232.00	DESKTOP, WINDOWS NT OS
11	325930008990 MINITOWER, NO OS 232.00	325930008990	232.00	MINITOWER, NO OS
12	32593000KEYY MINI TOWER 232.00	32593000KEYY	232.00	MINI TOWER

Рис. 5.4. Извлечение кода, цены и описания продукта из текстовой строки с помощью текстовых функций

Теперь предположим, что получены данные с кодом продукта в столбце C, ценой продукта в столбце D и описанием продукта в столбце E. Можно ли соединить эти значения вместе и восстановить первоначальный текст?

Текстовые строки можно объединить с помощью функции  $\text{СЦЕПИТЬ}$ . Копирование формулы  $\text{=СЦЕПИТЬ}(C4;E4;D4)$  из ячейки F4 в ячейки F5:F12 восстановит исходный (без лишних пробелов) текст (см. столбец F в файле Lenora.xlsx).

Объединение начинается с кода продукта в ячейке C4, затем добавляется описание продукта из ячейки E4 и в конце записывается цена из ячейки D4. Текст, описывающий каждый компьютер, восстановлен! Объединение строк можно также выполнить с помощью знака операции  $\&$ . Исходный текст в одной ячейке в виде кода продукта, описания продукта и цены может быть восстановлен с помощью формулы  $\text{=C4\&E4\&D4}$ . Обратите внимание, что в ячейке E4 содержится по одному пробелу до и после описания продукта. Если в ячейке E4 эти пробелы отсутствуют, вставить недостающие пробелы можно с помощью формулы  $\text{=C4\&" "&E4\&" "&D4}$ . Пробел между кавычками означает вставку пробела.

Если код продукта не всегда содержит ровно 12 символов, такой метод извлечения информации неприменим. В этом случае можно извлечь код продукта, воспользовавшись функцией  $\text{НАЙТИ}$  для обнаружения позиции первого пробела. Далее следует применить функцию  $\text{ЛЕВСИМВ}$  для извлечения всех символов слева от пробела. Этот подход показан на примере в следующем разделе.

Если цена не всегда содержит ровно шесть символов, извлечь ее будет немного сложнее. (См. в задании 15 пример извлечения последнего слова из текстовой строки.)

Каждый день приходят данные о совокупных продажах в США, которые записываются в одну ячейку как сумма региональных продаж на востоке, севере и юге. Каким образом можно извлечь и распределить продажи на востоке, севере и юге по отдельным ячейкам?

Эта проблема была озвучена сотрудницей финансового отдела компании Microsoft. Каждый день она получала лист, содержащий формулы, такие как  $=50+200+400$ ,  $=5+124+1025$ , и другие им подобные. Требовалось поместить каждое число в ячейку соответствующего столбца. Например, необходимо первое число (продажи на востоке) поместить в ячейку столбца с, второе число (продажи на севере) — в столбец d и третье число (продажи на юге) — в столбец e. Задачу усложняет неизвестность точной позиции символов, с которых начинаются второе и третье числа в каждой ячейке. В ячейке a3 значение для продаж на Севере начинается с четвертого символа. В ячейке a4 эти продажи записаны, начиная с третьего символа.

Данные по этому примеру находятся в файле Salesstripping.xlsx (рис. 5.5). Местоположение значений продаж для различных регионов можно определить следующим образом:

- ◆ продажи на востоке представлены всеми символами слева от первого знака "плюс" (+);
- ◆ продажи на севере представлены всеми символами между первым и вторым знаками "плюс";
- ◆ продажи на юге представлены всеми символами справа от второго знака "плюс".

	A	B	C	D	E	F	G
1	Разделение продаж по трем регионам						
2	Восток+Север+Юг	первый +	второй +	Восток	Север	общая длина	Юг
3	10+300+400	3	7 10	300		10	400
4	4+36.2+800	2	7 4	36.2		10	800
5	3+23+4005	2	5 3	23		9	4005
6	18+1+57.31	3	5 18	1		10	57.31

Рис. 5.5. Разделение продаж по регионам с помощью комбинации функций НАЙТИ, ЛЕВСИМВ, ДЛСТР и ПСТР

Задача решается комбинированием функций НАЙТИ, ЛЕВСИМВ, ДЛСТР и ПСТР.

- ◆ При необходимости воспользуйтесь командами редактирования для замены всех знаков равенства (=) пробелами. Для этого выделите диапазон a3:a6. Затем на вкладке ГЛАВНАЯ (HOME) в группе Редактирование (Editing) выберите в раскрывающемся списке Найти и выделить (Find & Select) инструмент Заменить... (Replace). В поле Найти (Find What) введите знак равенства, а в поле Заменить на (Replace With) введите пробел. Затем нажмите кнопку Заменить все (Replace All). Замена знака равенства пробелом преобразует формулу в текст.
- ◆ С помощью функции НАЙТИ определите местоположение обоих знаков "плюс" в каждой ячейке.

Начните с поиска позиции первого знака "плюс" для данных в каждой ячейке. Для этого скопируйте формулу =НАЙТИ("+";A3;1) из ячейки B3 в ячейки B4:B6. Поиск второго знака "плюс" начните с символа, следующего за первым знаком "плюс", путем копирования формулы =НАЙТИ("+";A3;B3+1) из ячейки C3 в ячейки C4:C6.

Для получения значений продаж на востоке можно с помощью функции ЛЕВСИМВ извлечь все символы слева от первого знака "плюс" путем копирования формулы =ЛЕВСИМВ(A3;B3-1) из ячейки D3 в ячейки D4:D6. Для получения значений продаж на севере используйте функцию ПСТР и извлеките все символы между двумя знаками "плюс". Начните с символа, следующего за первым знаком "плюс", и извлеките количество символов, равное (позиция\_второго\_знака\_плюс) - (позиция\_первого\_знака\_плюс) - 1. Если не учесть -1, в результат попадет второй знак "плюс". (Проверьте это самостоятельно.) Таким образом, для получения значений продаж на севере скопируйте формулу =ПСТР(A3;B3+1;C3-B3-1) из ячейки E3 в ячейки E4:E6.

Для получения значений продаж на юге необходимо извлечь все символы справа от второго знака "плюс" с помощью функции ПРАВСИМВ. Число таких символов равно (общее\_число\_символов\_в\_ячейке) - (позиция\_второго\_знака\_плюс). Общее число символов для каждой ячейки вычислите, скопировав формулу =ДЛСТР(A3) из ячейки F3 в ячейки F4:F6. Наконец, значения продаж на юге можно получить путем копирования формулы =ПРАВСИМВ(A3;F3-C3) из ячейки G3 в ячейки G4:G6.

## Извлечение данных с помощью Мастера распределения текста по столбцам

Существует простой способ получения данных по продажам на востоке, севере и юге (и других аналогичных данных) без применения текстовых функций. Выделите ячейки A3:A6 и затем на вкладке **ДАННЫЕ** (DATA) в группе **Работа с данными** (Data Tools) выберите инструмент **Текст по столбцам** (Text To Columns). Установите переключатель в положение **с разделителями** (Delimited), нажмите кнопку **Далее** (Next) и введите соответствующие данные в диалоговом окне (рис. 5.6).

Ввод в поле знака "плюс" как символа-разделителя приведет к распределению текста каждой ячейки по столбцам в соответствии с вхождениями знака "плюс". Обратите внимание, что разделителями также могут быть знак табуляции, точка с запятой, запятая и пробел. Теперь нажмите кнопку **Далее** (Next), выберите левый верхний угол целевого диапазона (в примере выбрана ячейка A8) и нажмите кнопку **Готово** (Finish). Результат представлен на рис. 5.7.

**В конце каждого учебного семестра студенты оценивают работу преподавателя по шкале от 1 до 7 баллов. Для каждой оценки известно количество выставивших ее студентов. Каким образом можно создать гистограмму оценки качества преподавания?**

В файле Repeatedhisto.xlsx находятся оценки преподавательской работы (по шкале от 1 до 7 баллов). Два человека поставили 1 балл, три человека — 2 балла и т. д. Обобщающий эти данные график можно построить с помощью функции ПОВТОР.

Скопируйте формулу =ПОВТОР("|";C4) из ячейки D4 в ячейки D5:D10. По этой формуле символы "|" помещаются в столбец D в соответствии с данными в столбце C. На рис. 5.8 ясно виден перевес хороших оценок (6 и 7 баллов) и относительная редкость плохих (1 и 2 балла). Повторение символа, такого как |, позволяет имитировать гистограмму или частотный график. Дальнейшее обсуждение вопросов создания гистограмм в Excel см. в главе 41.

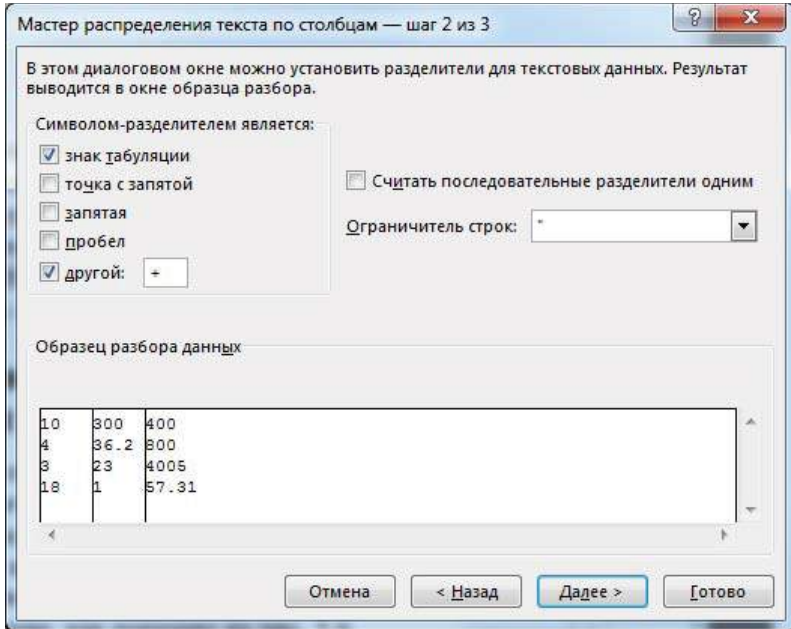


Рис. 5.6. Мастер распределения текста по столбцам

	A	B	C	D
8	10	300	400	
9	4	36,2	800	
10	3	23	4005	
11	18	1	57,31	
12				
13	результат распределения текста по столбцам			

Рис. 5.7. Результат работы Мастера распределения текста по столбцам

	B	C	D
3	Баллы	Частота	
4	1	2	
5	2	3	
6	3	6	
7	4	7	
8	5	9	
9	6	33	
10	7	28	

Рис. 5.8. Создание частотного графика с помощью функции ПОВТОР

Числовые данные были загружены из Интернета или из базы данных. При попытке использовать их в вычислениях появляется ошибка #ЗНАЧ!. Как решить эту проблему?

В файле Cleanexample.xlsx (рис. 5.9) непечатаемые СИМВОЛ(10) и СИМВОЛ(160) вставлены перед числом 33 в ячейках Е5 и Н6, соответственно. В ячейках Е8 и Н8 применена функция ЗНАЧЕН в попытке преобразовать содержимое ячеек Е5 и Н6 в числа, но в результате получена ошибка #ЗНАЧ!, которая указывает на невозможность обработки содержимого этих ячеек как чисел. В ячейке Е11 находится содержимое ячейки Е5, очищенное по формуле =ПЕЧСИМВ(Е5). В ячейке Е12 находится числовое значение 33, т. е. после того как СИМВОЛ(10) был удален, содержимое ячейки было обработано по формуле =ЗНАЧЕН(Е11) без ошибок.

В ячейке Н10 была предпринята попытка очистить содержимое ячейки Н6 с помощью формулы =ПЕЧСИМВ(Н6). В ячейке Н11 после применения формулы =ЗНАЧЕН(Н10) получена ошибка, т. к. функция ПЕЧСИМВ не удалила СИМВОЛ(160). Для устранения ошибки необходимо СИМВОЛ(160) заменить пустым пространством с помощью функции ПОДСТАВИТЬ. В ячейку Н14 запишите формулу =НАЙТИ(СИМВОЛ(160);Н10) и удостоверьтесь, что символ СИМВОЛ(160) присутствует в ячейке Н10: он стоит на первом месте в ячейке. Если в результате работы функции НАЙТИ будет возвращена ошибка, значит, СИМВОЛ(160) в ячейке отсутствует. В ячейке Н15 все вхождения этого непечатаемого символа заменяются пустым пространством с помощью формулы =ПОДСТАВИТЬ(Н6;СИМВОЛ(160);"" ). В ячейке Н16 формула =ЗНАЧЕН(Н15) дает в результате число 33. Таким образом, теперь над содержимым ячейки Н15 можно производить математические операции!

	Е	Ф	Г	Н	И	Ж
4	СИМВОЛ 10					
5	33			СИМВОЛ 160		
6				33		
7						
8	#ЗНАЧ!			#ЗНАЧ!		
9				ПЕЧСИМВ?		
10	очищено			33		
11	33			#ЗНАЧ!		
12	33			ПЕЧСИМВ и ЗНАЧЕН не работают		
13				ПОДСТАВИТЬ		
14			НАЙТИ СИМВОЛ 160	1		
15			ПОДСТАВИТЬ	33		
16			ЗНАЧЕН	33		
17				160		

Рис. 5.9. Удаление непечатаемых символов с помощью функций ПЕЧСИМВ и ПОДСТАВИТЬ

Текстовые функции прекрасны! Но существует ли простой способ (не связанный с текстовыми функциями) извлечения имени или фамилии из данных, создания списка почтовой рассылки из списка имен, а также выполнения других рутинных операций на текстовых данных?

Имитация множества задач, ранее выполняемых с помощью текстовых функций, представлена новой функциональной возможностью Excel — инструментом **Мгновенное заполнение** (Flash Fill), использующим современные технологии распознавания образов. Инструмент **Мгновенное заполнение** продемонстрирован в действии на трех листах в файле Flashfill.xlsx в следующих примерах:

- ◆ извлечение имен и фамилий;
- ◆ создание адресов электронной почты для университета UXYZ University путем добавления @WXYZ.edu к фамилии сотрудника;
- ◆ извлечение сумм в долларах и центах из списка цен.

Для использования инструмента **Мгновенное заполнение** выделите столбец рядом с данными. В первой ячейке, соответствующей имеющимся данным, введите пример того, чем требуется заполнить остальные ячейки. Как правило, если нажать клавиши <Enter> и затем <Ctrl>+<E>, инструмент **Мгновенное заполнение** автоматически правильно заполнит оставшиеся ячейки. Однако иногда для получения безошибочного результата приходится ввести несколько примеров.

Как показано на рис. 5.10, требуется извлечь имена и фамилии сотрудников и поместить их в столбцы E и F. Введите с клавиатуры Tricia в ячейку E6 на листе First and Last и нажмите клавишу <Enter>. Затем нажмите <Ctrl>+<E>, и ячейки E7:E13 автоматически заполнятся именами сотрудников. Аналогично, если ввести с клавиатуры Lopez в ячейку F6, нажать клавишу <Enter> и затем клавиши <Ctrl>+<E>, инструмент **Мгновенное заполнение** запишет фамилии сотрудников в ячейки F7:F13.

	D	E	F
5	Имя и фамилия	Имя	Фамилия
6	Tricia Lopez	Tricia	Lopez
7	Will Wong	Will	Wong
8	Jack Spratt	Jack	Spratt
9	Vivian Hibbits	Vivian	Hibbits
10	Jose Gomez	Jose	Gomez
11	April Chou	April	Chou
12	Tanya Walters	Tanya	Walters
13	James Jones	James	Jones

Рис. 5.10. Автоматический ввод имен и фамилий в ячейки с помощью инструмента **Мгновенное заполнение**

	D	E	
5	Имя	Email	
6	Tricia Lopez	<a href="mailto:Lopez@WXYZ.edu">Lopez@WXYZ.edu</a>	
7	Will Wong	<a href="mailto:Wong@WXYZ.edu">Wong@WXYZ.edu</a>	
8	Jack Spratt	<a href="mailto:Spratt@WXYZ.edu">Spratt@WXYZ.edu</a>	
9	Vivian Hibbits	<a href="mailto:Hibbits@WXYZ.edu">Hibbits@WXYZ.edu</a>	
10	Jose Gomez	<a href="mailto:Gomez@WXYZ.edu">Gomez@WXYZ.edu</a>	
11	April Chou	<a href="mailto:Chou@WXYZ.edu">Chou@WXYZ.edu</a>	
12	Tanya Walters	<a href="mailto:Walters@WXYZ.edu">Walters@WXYZ.edu</a>	
13	James Jones	<a href="mailto:Jones@WXYZ.edu">Jones@WXYZ.edu</a>	

Рис. 5.11. Создание адресов электронной почты с помощью инструмента **Мгновенное заполнение**

Как показано на рис. 5.11, требуется создать адрес электронной почты для каждого сотрудника путем добавления к фамилии сотрудника окончания @WXYZ.edu. Введите с клавиатуры Lopez@WXYZ.edu в ячейку E6 листа email. Далее нажмите клавишу <Enter>, а затем <Ctrl>+<E>, и инструмент **Мгновенное заполнение** автоматически создаст адреса электронной почты в диапазоне E7:E13.

Как показано на рис. 5.12, требуется извлечь сумму в долларах и центах из ячеек D6:D11 столбца с ценами на листе Dollars and Cents. Для начала введите 6 в ячейку E6



и нажмите <Enter>. После нажатия <Ctrl>+<E> правильное количество долларов будет вставлено в ячейки E7:E11. Аналогично, после ввода 56 в ячейку F6 и нажатия клавиши <Enter> с последующим нажатием <Ctrl>+<E> инструмент **Мгновенное заполнение** заполнит ячейки F7:F11 правильными количествами центов.

	D	E	F	
5	Цена	Доллары	Центы	
6	\$6,56	6	56	
7	\$7,43	7	43	
8	\$9,86	9	86	
9	\$15,43	15	43	
10	\$173,32	173	32	
11	\$4,21	4	21	
12				

Рис. 5.12. Извлечение суммы в долларах и центах с помощью инструмента **Мгновенное заполнение**

Инструмент **Мгновенное заполнение** может работать с ошибками, особенно на слабо согласованных данных. Кроме того (в отличие от формул, в том числе с текстовыми функциями), результаты работы инструмента **Мгновенное заполнение** не являются динамическими и не обновляются при изменении исходных данных.

Инструмент **Мгновенное заполнение** можно отключить: на вкладке **ФАЙЛ** (FILE) выберите команду **Параметры** (Options). Затем выберите раздел **Дополнительно** (Advanced) и в диалоговом окне **Дополнительные параметры для работы с Excel** в разделе **Параметры правки** (Editing Options) снимите флажок **Автоматически выполнять мгновенное заполнение** (Automatically Flash Fill).

## Задания

1. В ячейках B3:B6 файла Showbiz.xlsx содержатся фиктивные адреса некоторых известных людей. С помощью текстовых функций запишите имена в один столбец, а адрес в другой.
2. В файле IDprice.xlsx находятся идентификационные коды некоторых продуктов и их цены. С помощью текстовых функций поместите идентификаторы продуктов и цены в разные столбцы. Затем воспользуйтесь инструментом **Текст по столбцам** (Text To Columns) на вкладке **ДААННЫЕ** (DATA) для достижения той же цели.
3. В файле Quarterlygnpdata.xlsx хранятся квартальные данные по валовому национальному продукту (GNP) США (в млрд долларов). Распределите эти данные по трем столбцам следующим образом: в первый столбец запишите год, во второй — номер квартала и в третий — GNP.
4. В файле Textstylesdata.xlsx содержится информация о фасоне, цвете и размере различных рубашек. Например, первая рубашка имеет фасон 100 (указанный цифрами между двоеточием и дефисом), цвет 65 и размер L. С помощью тексто-

вых функций распределите по столбцам фасон, цвет и размер для каждой рубашки.

5. В файле Emailproblem.xlsx даны имена и фамилии нескольких новых сотрудников Microsoft. Для создания адреса электронной почты каждого сотрудника возьмите первую букву имени сотрудника, затем фамилию сотрудника и в конце добавьте @microsoft.com. Рекомендуется создать адреса путем рационального использования текстовых функций.
6. В файле Lineupdata.xlsx дано число минут, сыгранных составами из пяти игроков. (Например, первый состав сыграл 10,4 минуты.) С помощью текстовых функций поместите эти данные в формулу, пригодную для числовых расчетов; например, преобразуйте 10.4m в число 10,4.
7. В файле Reversenames.xlsx содержатся имена, вторые имена или инициалы и фамилии нескольких людей. Преобразуйте эти имена следующим образом: сначала фамилия, за ней запятая, а затем имя и второе имя. Например, преобразуйте Gregory William Winston в Winston, Gregory William.
8. В файле Incomefrequency.xlsx находится распределение стартовых зарплат выпускников MBA колледжа Faber College. Обобщите эти данные с помощью частотного графа.
9. Как было сказано ранее, СИМВОЛ(65) дает в результате букву A, СИМВОЛ(66) — букву B и т. д. Воспользуйтесь этим фактом для рационального заполнения ячеек B1:B26 последовательностью букв A, B, C и так далее до Z.
10. В файле Capitalizefirstletter.xlsx содержатся названия различных песен и фразы, например, The rain in Spain falls mainly in the plain. Замените первую букву каждой строки прописной буквой.
11. В файле Ageofmachine.xlsx содержатся данные в следующей форме:
  - S/N: 160768, vib roller, 84" smooth drum, canopy Auction: 6/2-4/2005 in Montgomery, Alabama;
  - каждая строка связана с покупкой машины.Определите год каждой покупки.
12. При загрузке корпоративных данных с сайта Security and Exchange Commission's EDGAR полученные данные часто выглядят следующим образом:
  - денежные средства и их эквиваленты: \$31 848, \$31 881.Как рационально извлечь денежные средства и их эквиваленты для каждой компании?
13. В файле Lookuptwocolumns.xlsx содержатся данные о модели, годе выпуска и цене для ряда автомобилей. Напишите формулу, позволяющую по введенной модели и году выпуска автомобиля получить его цену.
14. В файле Moviedata.xlsx находятся названия нескольких фильмов, за которыми следует количество копий фильма на DVD, проданных в местном видеомагазине. Извлеките из этих данных названия всех фильмов.

15. В файле Moviedata.xlsx находятся названия нескольких фильмов, за которыми следует количество копий фильма на DVD, проданных в местном видеомагазине. Для каждого фильма извлеките из данных количество проданных копий. Подсказка: возможно, потребуется функция **ПОДСТАВИТЬ**. Ее синтаксис:  
`ПОДСТАВИТЬ(ячейка;старый_текст;новый_текст;[номер_вхождения])`  
Если номер вхождения опущен, то каждое вхождение старого текста в ячейке заменяется новым текстом. Если номер вхождения указан, то только это вхождение старого текста заменяется новым текстом. Например, функция **ПОДСТАВИТЬ**(A4;1;2) заменит каждую 1 в ячейке A4 на 2, а функция **ПОДСТАВИТЬ**(A4;1;2;3) заменит только третье вхождение 1 в ячейке A4 на 2.
16. В файле Problem16data.xlsx содержится количественная информация о людях, заполнивших маркетинговую анкету с пятью вариантами ответов (1 = покупка продукта маловероятна, ..., 5 = покупка продукта весьма вероятна). Обобщите эти данные графически с помощью символа "звездочка" (\*). Для более наглядного представления на вкладке **ГЛАВНАЯ** (HOME) откройте в группе **Выравнивание** (Alignment) раскрывающийся список **Ориентация** (Orientation) и сделайте текст вертикальным. Затем щелкните правой кнопкой мыши по номеру строки и увеличьте высоту строки. Наконец, в группе **Выравнивание** (Alignment) выберите **Перенести текст** (Wrap Text).
17. В файле Problem17data.xlsx содержатся имена людей (например, Mr. John Doe). С помощью текстовых функций извлеките обращение (Mr. или Mrs.) и первое имя каждого человека и поместите их в отдельные столбцы.
18. В файле Weirddata.xlsx находятся три числа, импортированные с интернет-сайта. Сложив числа, убедитесь в некорректности результата. Измените данные таким образом, чтобы функция **СУММ** дала правильный результат. Подсказка: воспользуйтесь функцией **НАЙТИ** для поиска невидимого символа!
19. С помощью инструмента **Мгновенное заполнение** запишите имена в файле Flashfilltemplate.xlsx строчными буквами.
20. С помощью инструмента **Мгновенное заполнение** извлеките число из каждой строки в файле Movienumbers.xlsx.
21. Для данных в файле Movienumbers.xlsx создайте столбец и с помощью инструмента **Мгновенное заполнение** поместите в него фразу: The number in the title of this movie is... и число из названия фильма для каждого фильма.

# Даты и функции даты

### Обсуждаемые вопросы

- ◆ При вводе даты часто вместо даты, например 04.01.2003, появляется какое-либо число, например 37625. Что это число означает и как его можно заменить привычной датой?
- ◆ Как с помощью формулы автоматически отобразить сегодняшнюю дату?
- ◆ Как определить дату через 50 рабочих дней после другой даты? Как при необходимости исключить праздничные дни?
- ◆ Как определить количество рабочих дней между двумя датами?
- ◆ На листе Excel введено 500 дат. С помощью каких формул можно извлечь из каждой даты месяц, год, день месяца и день недели?
- ◆ Для даты указан год, месяц и день. Существует ли простой способ восстановления фактической даты?
- ◆ Речь идет о купле-продаже машин. Для некоторых машин известны даты покупки и продажи. Каким образом можно определить, сколько месяцев эти машины хранились на стоянке?

Для иллюстрации наиболее часто использующихся форматов в Microsoft Excel 2013, предположим, что сегодня 4 января 2004 г. Эту дату можно ввести, например, таким образом:

- ◆ 4/1/2004<sup>1</sup>;
- ◆ 4-январь-2004;
- ◆ 4 янв 2004;
- ◆ 4/1/04;
- ◆ 04.01.2004.

Если для года указаны только две последних цифры, и эти цифры представляют число 30 и больше, то подразумевается, что это год XX столетия; если цифры представляют число меньше 30, считается, что они относятся к XXI веку. Например, 1/1/29 означает 1 января 2029 г., а 1/1/30 обрабатывается как 1 января 1930 г. Год, определяющий обработку даты как даты в XXI веке, увеличивается на единицу каждый год.

---

<sup>1</sup> В русифицированной версии Microsoft Excel 2013 используется формат день-месяц-год. — *Пер.*

## Ответы на вопросы в начале главы

В этом разделе приведены ответы на вопросы, перечисленные в начале главы.

**При вводе даты часто вместо даты, например 04.01.2003, появляется какое-либо число, например 37625. Что это число означает и как его можно заменить привычной датой?**

Способ, каким в Excel обрабатываются даты, иногда сбивает с толку новичков. Ключом к пониманию является наличие в Excel двух форматов для отображения дат: формата день-месяц-год и формата десятичного числа. Дата в формате десятичного числа, например 37625, — это целое положительное число, равное количеству дней между заданной датой и 1 января 1900 г. При подсчете учитывается как текущая дата, так и 1 января 1900 г. Например, в Excel дата 3 января 1900 г. в формате десятичного числа отображается как число 3. Таким образом, считается, что промежуток между 1 января 1900 г. и 3 января 1900 г. (включая оба этих дня) составляет три дня.

### ПРИМЕЧАНИЕ

В Excel подразумевается, что 1900 г. был високосным, т. е. содержал 366 дней. В действительности в 1900 г. было только 365 дней. Для получения дополнительной информации о происхождении этой ошибки см. [www.joelonsoftware.com/items/2006/06/16.html](http://www.joelonsoftware.com/items/2006/06/16.html).

	D	E
4	Даты	Переформатированные
5	37622	01.01.2003
6	37623	02.01.2003
7	37624	03.01.2003
8	37625	04.01.2003
9	37626	05.01.2003
10	37627	06.01.2003
11	37628	07.01.2003
12	37629	08.01.2003
13	37630	09.01.2003
14	37631	10.01.2003

Рис. 6.1. Преобразование дат из формата десятичного числа в формат день-месяц-год

На рис. 6.1 показан лист `serial format` в файле `Dates.xlsx`. Предположим, что даны даты в числовом формате, представленные в ячейках D5:D14. Например, значение 37622 в ячейке D5 указывает на дату, приходящуюся на 37 622-й день после 1 января 1900 г. (включая 1 января 1900 г. и сам 37 622-й день). Скопируйте даты в формате десятичного числа в ячейки E5:E14 для отображения в формате день-месяц-год. Выделите диапазон ячеек E5:E14, щелкните правой кнопкой мыши по выделенной области и выберите в контекстном меню **Формат ячеек...** (Format Cells). Кстати, диалоговое окно **Формат ячеек** (Format Cells) можно открыть в любое время, нажав клавиши <Ctrl>+<1>. Из списка, показанного на рис. 6.2, выберите формат **Дата** (Date) и **Тип** (Type). Даты в ячейках E5:E14 отобразятся в формате день-месяц-год

(см. рис. 6.1). Если требуется переформатировать даты в формат десятичного числа, выделите ячейки E5:E14, щелкните правой кнопкой мыши по выделенной области и выберите **Формат ячеек... | Общий** (Format Cells | General).

Простая замена формата даты в ячейке на общий формат приведет к отображению даты в формате десятичного числа. Другой способ получения даты в формате десятичного числа состоит в применении функции ДАТАЗНАЧ (DATEVALUE) с датой, заключенной в кавычки. Например, в файле Dates.xlsx на листе date format в ячейке I5 находится формула =ДАТАЗНАЧ("4/1/2003"). В результате ее вычисления получается 37625, что соответствует дате в формате десятичного числа для 4 января 2003 г.

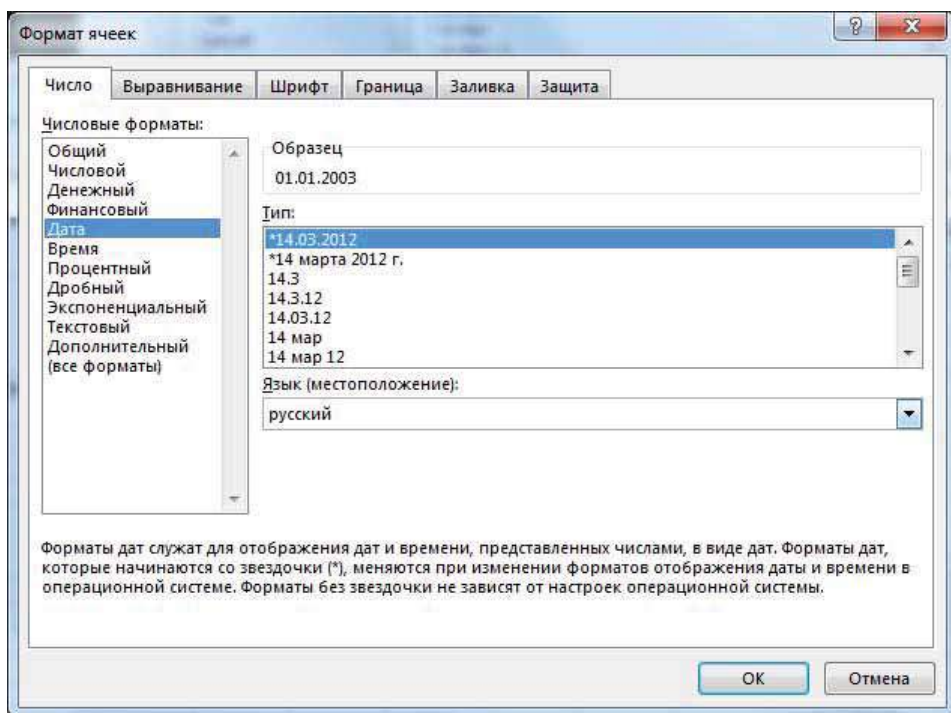


Рис. 6.2. Переформатирование даты в формате десятичного числа в формат день-месяц-год в диалоговом окне **Формат ячеек**

### Как с помощью формулы автоматически отобразить сегодняшнюю дату?

Пример отображения сегодняшней даты с помощью функции СЕГОДНЯ (TODAY) приведен в ячейке C13 на листе date format, показанном на рис. 6.3. Введите в ячейку формулу =СЕГОДНЯ(). Этот снимок экрана был сделан 17 марта 2014 г.

### Как определить дату через 50 рабочих дней после другой даты? Как при необходимости исключить праздничные дни?

Для этого воспользуйтесь функцией РАВДЕНЬ (WORKDAY). Синтаксис этой функции:

РАВДЕНЬ(нач\_дата; #число\_дней; [праздники])

Функция РАВДЕНЬ отображает дату через столько рабочих дней (рабочий день — это не выходной день) после заданной начальной даты, сколько указано значением аргумента #число\_дней. Аргумент праздники является необязательным аргументом, с помощью которого можно исключить из расчета любые даты, перечисленные в диапазоне ячеек. Таким образом, в соответствии с формулой =РАВДЕНЬ(C14;50) в ячейке D14 листа date format 50-м рабочим днем после 03.01.2003 является 14 марта 2003 г. Если необходимо учесть как праздники День Мартина Лютера Кинга и День независимости, измените формулу на такой вариант: =РАВДЕНЬ(C14;50;F17:F18). В этом случае 20.01.2003 не будет принято в расчет, и пятидесятым рабочим днем после 03.01.2003 станет 17 марта 2003 г. Обратите внимание, что вместо ссылки на даты праздников в других ячейках можно ввести даты непосредственно в формулу, указав каждый праздник в формате десятичного числа, заключенного в фигурные скобки ({}). Например, в формуле =РАВДЕНЬ(38500;10;{38600;38680;38711}) для подсчета десятого рабочего дня после даты с номером 38500 исключены праздники День труда, День благодарения и Рождество в 2005 г.

	В	С	Д	Е	Ф	Г	Н	И
1								
2								
3								
4			Год	Месяц	День	День недели	сборка даты	в формате порядкового номера
5	4/1/2003	04.01.2003	2003	1	4	7	04.01.2003	37625
6	1/2/1901	01.02.1901	1901	2	1	6	01.02.1901	398
7	4-01-2003	04.январь.03	2003	1	4	7	04.01.2003	
8	4 январь 2003	04.январь.03	2003	1	4	7	04.01.2003	
9	4/1/03	04.январь.03	2003	1	4	7	04.01.2003	
10	03.01.1901	03.январь.01	1901	1	3	5	03.01.1901	369
11								
12								
13	сегодняшняя дата	17.03.2014	50 рабочих дней от начальной даты	исключая праздники				
14	начальная дата	03.01.2003	14.03.2003	17.03.2003				
15	конечная дата	04.08.2003						
16					Праздники			
17	рабочие дни (исключая праздники)	150			04.07.2003			
18	рабочие дни (без учета праздников)	152			20.01.2003			

Рис. 6.3. Примеры использования функций обработки дат

В Microsoft Excel 2010 была представлена функция РАВДЕНЬ.МЕЖД (WORKDAY.INTL), позволяющая выбрать собственное определение выходных дней. Синтаксис этой функции:

РАВДЕНЬ.МЕЖД(нач\_дата; число\_дней; выходные; [праздники])

Для определения выходного дня используется третий аргумент, значения которого указаны в табл. 6.1.

Например, в файле Dates.xlsx на листе date format в ячейке C27 по формуле =РАВДЕНЬ.МЕЖД(C23;100;2) вычислена дата сотого рабочего дня после 14.03.2011 с вос-

кресеньем и понедельником в качестве выходных дней (рис. 6.4). В ячейке C28 по формуле `=РАВДЕНЬ.МЕЖД(C23;100;11)` вычислена дата сотого рабочего дня после 14.03.2011 для случая, когда выходным днем является только воскресенье. Кроме того, выходные дни можно определить с помощью строки из семи единиц и нулей; единица означает выходной день, и первая позиция в строке соответствует понедельнику, вторая — вторнику и т. д. Таким образом, в ячейках D26 и D27 предыдущие результаты продублированы с помощью формул `=РАВДЕНЬ.МЕЖД(C23;100;"1000001")` и `=РАВДЕНЬ.МЕЖД(C23;100;"0000001")`, соответственно.

Таблица 6.1

Код	Выходные дни	Код	Выходные дни
1 или аргумент опущен	суббота, воскресенье	11	только воскресенье
2	воскресенье, понедельник	12	только понедельник
3	понедельник, вторник	13	только вторник
4	вторник, среда	14	только среда
5	среда, четверг	15	только четверг
6	четверг, пятница	16	только пятница
7	пятница, суббота	17	только суббота

	В	С	Д
21	<b>Функции для международных дат</b>		
22			
23	начальная дата	14.03.2011	
24	конечная дата	16.08.2012	
25			
26	<b>Через 100 рабочих дней</b>		
27	выходные: воскресенье, понедельник	30.07.2011	30.07.2011
28	выходные: воскресенье	08.07.2011	08.07.2011
29			
30	<b>Рабочие дни между двумя датами</b>		
31	выходные: воскресенье, понедельник	373	373
32	выходные: воскресенье	448	448

Рис. 6.4. Примеры использования функций для международных дат

## Как определить количество рабочих дней между двумя датами?

Ключ к решению этой проблемы — функция `ЧИСТРАВДНИ` (`NETWORKDAYS`). Синтаксис этой функции:

`ЧИСТРАВДНИ(нач_дата; кон_дата; [праздники])`

где `праздники` (`holidays`) — необязательный аргумент, указывающий диапазон ячеек со списком дат, считающихся праздниками. Функция `ЧИСТРАВДНИ` возвращает количество рабочих дней между начальной и конечной датой, исключая выходные дни и любые перечисленные праздники. В качестве иллюстрации работы функ-



ции ЧИСТРАВДНИ рассмотрим ячейку C18 на листе date format с формулой =ЧИСТРАВДНИ(C14;C15). По этой формуле рассчитывается количество рабочих дней между 03.01.2003 и 04.08.2003, что составляет 152 дня. В ячейке C17 по формуле =ЧИСТРАВДНИ(C14;C15;F17:F18) вычисляется количество рабочих дней между 03.01.2003 и 04.08.2003, исключая День Мартина Лютера Кинга и День независимости. В результате получается  $152 - 2 = 150$ .

В Microsoft Excel 2010 была представлена функция ЧИСТРАВДНИ.МЕЖД (NETWORKDAYS.INTL). Подобно функции РАВДЕНЬ.МЕЖД, функция ЧИСТРАВДНИ.МЕЖД позволяет задать собственное определение выходных дней. Например, в файле Dates.xlsx на листе date format в ячейке C31 по формуле =ЧИСТРАВДНИ.МЕЖД(C23;C24;2) вычисляется количество рабочих дней (373) между 14.03.2011 и 16.08.2012 для случая, когда выходными днями являются воскресенье и понедельник (см. рис. 6.4). В ячейке D31 те же вычисления выполнены по формуле =ЧИСТРАВДНИ.МЕЖД(C23;C24;"1000001").

**На листе Excel введено 500 дат. С помощью каких формул можно извлечь из каждой даты месяц, год, день месяца и день недели?**

В файле Dates.xlsx на листе date format (см. рис. 6.3) в диапазоне ячеек B5:B10 указано несколько дат. В ячейке B5 и ячейках B7:B9 используются четыре формата для отображения даты 4 января 2003 г. В столбцах D:G размещены извлеченные год, месяц, день месяца и день недели для каждой даты. Год из каждой даты был извлечен с помощью функции ГОД (YEAR) путем копирования формулы =ГОД(B5) из ячейки D5 в ячейки D6:D10. Часть каждой даты с номером месяца (1 — январь, 2 — февраль и т. д.) была получена с помощью функции МЕСЯЦ (MONTH) путем копирования формулы =МЕСЯЦ(B5) из ячейки E5 в ячейки E6:E10. День месяца был извлечен с помощью функции ДЕНЬ (DAY) путем копирования формулы =ДЕНЬ(B5) из ячейки F5 в ячейки F6:F10. Наконец, день недели для каждой даты был извлечен с помощью функции ДЕНЬНЕД (WEEKDAY) путем копирования формулы =ДЕНЬНЕД(B5;1) из ячейки G5 в ячейки G6:G10. Обратите внимание: региональные настройки (не для США) могут потребовать внесения в пример некоторых изменений.

Если значение последнего аргумента функции ДЕНЬНЕД равно 1, то 1 — это воскресенье, 2 — понедельник и т. д. Если это значение равно 2, то 1 — это понедельник, 2 — вторник и т. д. Если значение равно 3, 0 — это понедельник, 1 — вторник и т. д.

**Для даты указан год, месяц и день. Существует ли простой способ восстановления фактической даты?**

Функция ДАТА (DATE) с аргументами возвращает дату для указанного года, месяца и дня. Синтаксис функции: ДАТА(год;месяц;день). На листе date format восстановлены исходные даты путем копирования формулы =ДАТА(D5;E5;F5) из ячейки H5 в ячейки H6:H10.

**Речь идет о купле-продаже машин. Для некоторых машин известны даты покупки и продажи. Каким образом можно определить, сколько месяцев эти машины хранились на стоянке?**

Количество полных лет, месяцев или дней между двумя датами можно определить с помощью функции `РАЗНДАТ` (`DATEDIF`). В файле `Datedif.xlsx` (рис. 6.5) приведен пример покупки машины 15 октября 2006 г. и ее последующей продажи 10 апреля 2008 г. Сколько полных лет, месяцев или дней хранилась эта машина? Синтаксис функции: `РАЗНДАТ(нач_дата, кон_дата, единицы_времени)`. Если для аргумента `единицы_времени` указать значение "y", функция возвратит количество полных лет между начальной и конечной датами. Если указать значение "m", функция возвратит количество полных месяцев, а если указать значение "d", в результате будет получено количество полных дней между двумя указанными датами. Таким образом, ввод формулы `=РАЗНДАТ(D4;D5;"y")` в ячейку D6 показывает, что машина хранилась один полный год. Ввод формулы `=РАЗНДАТ(D4;D5;"m")` в ячейку D7 дает результат: 17 полных месяцев. Введенная в ячейку D8 формула `=РАЗНДАТ(D4;D5;"d")` возвращает число 543 — число полных дней.

	С	D
4	куплена	15.10.2006
5	продана	10.04.2008
6	годы	1
7	месяцы	17
8	дни	543

Рис. 6.5. Результат применения функции `РАЗНДАТ`

## Задания

- Какова дата 25 января 2006 г. в формате десятичного числа?
- Какова дата 14 февраля 1950 г. в формате десятичного числа?
- Какой фактической дате соответствует дата 4526 в формате десятичного числа?
- Какой фактической дате соответствует дата 45000 в формате десятичного числа?
- Определите день, который приходится на 74-й рабочий день после сегодняшней даты (включая праздники).
- Определите день, который приходится на 74-й рабочий день после сегодняшней даты (включая праздники, но исключая Рождество, Новый год и День независимости).
- Сколько рабочих дней (включая праздники) между 10 июля 2005 г. и 15 августа 2006 г.?
- Сколько рабочих дней (включая праздники, но исключая Рождество, Новый год и День Независимости) между 10 июля 2005 г. и 15 августа 2006 г.?

### ПРИМЕЧАНИЕ

В файле `Dater.xlsx` содержится несколько сотен дат. Используйте этот файл для выполнения следующей группы заданий.

- Определите месяц, год, день месяца и день недели для каждой даты.
- Представьте каждую дату в формате десятичного числа.

11. Проект стартует 4 декабря 2005 г. Он включает этапы 1, 2 и 3. Этап 2 может начаться на следующий день после завершения этапа 1. Этап 3 может начаться на следующий день после завершения этапа 2. Создайте лист, на котором входными данными является продолжительность (в днях) всех трех этапов проекта, а выходными данными — месяц и год, в которые завершится каждый этап.
12. Предположим, что вы приобрели акцию 29 июля 2005 г. и продали ее 30 декабря 2005 г. Фондовая биржа закрыта в День труда, на Рождество и в День благодарения<sup>1</sup>. Создайте список рабочих дней фондового рынка в тот период, когда вы владели акцией.
13. В файле `Machinedates.xlsx` содержатся даты покупки и продажи нескольких машин. Определите, сколько месяцев и лет хранились эти машины.
14. Для любой даты найдите способ вычисления дня недели от первого дня того месяца, на который приходится дата.
15. Для любой даты найдите способ вычисления последнего дня месяца, на который приходится дата. Подсказка: поразительно, но формула `=ДАТА(2005;13;1)` дает в результате 01.01.2006.
16. Как для любой даты вычислить ее порядковый номер от начала года? Например, каким по счету днем года является 15 апреля 2020 г.? Подсказка: формула `=ДАТА(2020;1;0)` возвращает порядковый номер для нулевого дня в январе 2020 г., который в Excel обрабатывается как 31 декабря 2019 г.
17. Предположим, что в стране Фредония (Fredonia) выходными днями являются вторник и среда. Какой дате соответствует день через 200 рабочих дней после 03.05.2013?
18. Предположим, что в стране Нижняя Амперия (Lower Ampere) выходными днями являются пятница и суббота. Кроме того, праздничным днем считается День святого Валентина. Сколько рабочих дней там между 10 января 2014 г. и 31 мая 2015 г.?
19. Первым кварталом каждого года является январь–март, вторым кварталом — апрель–июнь и т. д. Напишите формулу, которая возвращает первый день квартала для указанной даты.
20. Для определений кварталов из задания 19 напишите формулу расчета последнего дня предыдущего квартала для любой указанной даты.
21. Создайте таблицу, в которой можно указать дату рождения и получить фактический возраст.
22. День памяти всегда приходится на последний понедельник мая. Создайте таблицу, в которой можно указать год и получить дату Дня памяти.
23. Создайте таблицу, в которой всегда перечислены следующие 50 рабочих дней (праздники не учитываются, и дни с понедельника по пятницу считаются рабочими днями).

---

<sup>1</sup> Разумеется, вы можете использовать другие праздничные даты, например 4 ноября — День народного единства. — *Ред.*

## ГЛАВА 7

# Оценка инвестиций по чистой приведенной стоимости

### Обсуждаемые вопросы

- ◆ Что такое чистая приведенная стоимость (ЧПС)?
- ◆ Как работать с функцией ЧПС в Excel?
- ◆ Как рассчитать ЧПС, если денежные потоки приходят в начале или середине года?
- ◆ Как рассчитать ЧПС, если денежные потоки приходят через неравные промежутки времени?

Рассмотрим на примере два инвестиционных проекта, денежные потоки которых представлены в файле NPV.xlsx и показаны на рис. 7.1.

- ◆ Инвестиционный проект 1 требует оттока денежных средств в размере 10 000 долларов сегодня и 14 000 долларов через два года. Через год эта инвестиция принесет 24 000 долларов.
- ◆ Инвестиционный проект 2 требует оттока денежных средств в размере 6000 долларов сегодня и 1000 долларов через два года. Через год эта инвестиция принесет 8000 долларов.

	A	B	C	D	E	F
3		r	0,2			
4	ЧПС	Периоды	0	1	2	Общий денежный поток
5	277,7778	Инвестиция 1, денежный поток	-10000	24000	-14000	0
6	-27,7778	Инвестиция 2, денежный поток	-6000	8000	-1000	1000
7		Приведенная стоимость, инвестиция 1	-10000	20000	-9722,22	
8		Приведенная стоимость, инвестиция 2	-6000	6666,667	-694,444	
9						
10		Приведенная стоимость на начало года				
11		Инвестиция 1	\$277,78	\$277,78		
12		Инвестиция 2	(\$27,78)	(\$27,78)		
13		Приведенная стоимость на конец года				
14		Инвестиция 1	\$231,48			
15		Инвестиция 2	(\$23,15)			
16		Приведенная стоимость на середину года				
17		Инвестиция 1	\$253,58			
18		Инвестиция 2	(\$25,36)			

Рис. 7.1. Для оценки этих двух инвестиций необходимо рассчитать чистую приведенную стоимость

Какой из проектов более эффективен? Совокупный денежный поток для первого проекта равен 0 долларов, в то время как второй проект принесет 1000 долларов. На первый взгляд второй инвестиционный проект более эффективен, но подождите минуту. Большая часть оттока денежных средств по первому проекту произойдет через два года, в то время как большая часть оттока средств по второму проекту произойдет сегодня. Один доллар через два года кажется не такой большой тратой как 1 доллар сегодня, так что, вполне возможно, первый инвестиционный проект окажется более эффективным. Для оценки эффективности инвестиций необходимо сравнить стоимости денежных потоков, полученные в разные моменты времени. Вот где пригодится понятие чистой приведенной стоимости.

## Ответы на вопросы в начале главы

В этом разделе приведены ответы на вопросы, перечисленные в начале главы.

### Что такое чистая приведенная стоимость (ЧПС)?

Чистая приведенная стоимость (ЧПС) потока денежных средств, полученная в разные моменты времени, — это просто *стоимость, измеренная в текущих долларах*. Предположим, что сегодня у вас есть 1 доллар, и вы инвестируете этот доллар под годовую процентную ставку  $r$  процентов. За первый год этот доллар вырастет до  $1 + r$  долларов, за второй год до  $(1 + r)^2$  долларов и т. д. В некотором смысле можно сказать, что один доллар сегодня эквивалентен  $1 + r$  долларам через год и  $(1 + r)^2$  долларам через два года. В целом, один доллар сегодня эквивалентен  $(1 + r)n$  долларам через  $n$  лет. Этот расчет можно выразить следующим уравнением:

$$1 \text{ доллар сегодня} = (1 + r)n \text{ долларов через } n \text{ лет.}$$

Если разделить обе части этого уравнения на  $(1 + r)n$ , получим следующий важный результат:

$$\frac{1}{(1+r)^n} \text{ доллар сегодня} = 1 \text{ доллар через } n \text{ лет.}$$

Этот результат показывает, как рассчитать ЧПС (в текущих долларах) для любой последовательности денежных потоков. Любой денежный поток можно конвертировать в текущие доллары путем умножения стоимости денежного потока через  $n$  лет ( $n$  может быть дробью) на  $\frac{1}{(1+r)^n}$ .

Далее для расчета ЧПС инвестиционного проекта сложите стоимости денежных потоков (в текущих долларах). Пусть  $r$  равно 0,2. ЧПС для двух рассматриваемых инвестиционных проектов можно вычислить следующим образом:

$$\text{ЧПС}_{\text{проект 1}} = -10000 + \frac{24000}{(1+0,20)^1} + \frac{-14000}{(1+0,20)^2} = 277,78 \text{ долларов;}$$

$$\text{ЧПС}_{\text{проект 2}} = -6000 + \frac{8000}{(1+0,20)^1} + \frac{-1000}{(1+0,20)^2} = -27,78 \text{ долларов.}$$

По критерию ЧПС первый инвестиционный проект превосходит второй проект. Несмотря на то, что совокупный денежный поток для второго проекта превышает совокупный денежный поток первого проекта, ЧПС первого проекта больше, поскольку большая часть отрицательного денежного потока первого проекта приходит позже, а критерий ЧПС придает меньший вес денежным потокам, приходящим позже. Если для годовой процентной ставки  $r$  принять значение 0,02%, то ЧПС второго инвестиционного проекта будет больше, поскольку при малых значениях  $r$  более поздние денежные потоки дисконтируются не так сильно, и ЧПС будет соответствовать ранжированию инвестиций по совокупному денежному потоку.

### ПРИМЕЧАНИЕ

Процентная ставка  $r = 0,2$  была выбрана случайным образом во избежание обсуждения способа определения подходящего значения  $r$ . Для понимания всех аспектов определения соответствующего значения  $r$  необходимо, по крайней мере, год изучать управление финансами. Соответствующее значение  $r$ , используемое при расчете ЧПС, часто называют *стоимостью капитала компании*. Достаточно сказать, что в большинстве американских компаний годовая стоимость капитала составляет от 0,1 (10%) до 0,2 (20%). Если годовая процентная ставка выбирается в соответствии с общепринятой финансовой практикой, проекты с ЧПС  $> 0$  увеличивают стоимость компании, а проекты с ЧПС  $< 0$  уменьшают стоимость компании, в то время как проекты с ЧПС  $= 0$  не изменяют стоимость компании. Компания должна (если она имеет неограниченный инвестиционный капитал) инвестировать в каждый доступный инвестиционный проект с положительной ЧПС.

Для определения ЧПС первого инвестиционного проекта в Microsoft Excel присвойте диапазону с процентной ставкой имя  $r\_$  (ячейке c3). Скопируйте денежный поток нулевого периода из ячейки c5 в ячейку c7. ЧПС для первого и второго годов можно определить путем копирования формулы  $=D5/(1+r\_)^{D\$4}$  из ячейки D7 в ячейку E7. Знак вставки (^) означает возведение в степень. В ячейке A5 вычислите ЧПС первого инвестиционного проекта путем сложения ЧПС первого проекта для каждого года по формуле  $=СУММ(C7:E7)$ . Для определения ЧПС второго инвестиционного проекта скопируйте формулы из ячеек C7:E7 в ячейки C8:E8 и из ячейки A5 в ячейку A6.

### Как работать с функцией чпс в Excel?

Синтаксис функции ЧПС (NPV) в Excel: ЧПС(ставка; диапазон\_ячеек). Эта функция определяет ЧПС по заданной ставке для денежных потоков в указанном диапазоне ячеек. При расчете подразумевается, что первый денежный поток отстоит на один период от настоящего момента. Другими словами, формула  $=ЧПС(r\_; C5:E5)$  не определяет ЧПС для первого инвестиционного проекта. Вместо этого по ней (в ячейке c14) рассчитывается ЧПС следующих денежных потоков: для  $-10\,000$  долларов через год после настоящего момента, для  $24\,000$  долларов через два года и для  $-14\,000$  долларов через три года. Назовем это значение приведенной стоимостью на конец года. ЧПС первого инвестиционного проекта на конец года равна  $231,48$  долларов. Для расчета фактической ЧПС первого проекта с учетом денежных потоков в начале года введите формулу  $=C7+ЧПС(r\_; D5:E5)$  в ячейку c11. По этой формуле денежный отток в нулевой период вообще не учитывается (что правильно, поскольку денежный отток в нулевой период уже выражен в текущих долларах), и

сначала денежный поток в ячейке D5 умножается на  $\frac{1}{1,2}$ , а затем денежный поток в ячейке E5 умножается на  $\frac{1}{1,2^2}$ .

В ячейке C11 отображена правильная чистая приведенная стоимость первого инвестиционного проекта, а именно 277,78 долларов.

### Как рассчитать ЧПС, если денежные потоки приходят в начале или середине года?

Для применения функции ЧПС при расчете чистой приведенной стоимости проекта, денежные потоки которого всегда приходят в начале года, можно воспользоваться подходом, описывающим определение ЧПС первого инвестиционного проекта. Отделите денежный поток первого года и примените функцию ЧПС к оставшимся денежным потокам. Или обратите внимание на то, что для любого  $n$ -го года один доллар, полученный в начале  $n$ -го года, эквивалентен  $1 + r$  долларам в конце  $n$ -го года. Помните, что в течение года доллар вырастет в  $1 + r$  раз. Таким образом, если умножить результат, полученный с помощью функции ЧПС, на  $1 + r$ , можно конвертировать ЧПС последовательности денежных потоков на конец года в ЧПС последовательности денежных потоков, полученных в начале года. Это означает, что ЧПС первого инвестиционного проекта можно рассчитать по формуле  $= (1+r) * C14$  (см. ячейку D11). Конечно, в результате получится 277,78 долларов.

Теперь предположим, что денежные потоки инвестиционного проекта приходят в середине каждого года. Для организации, которая получает ежемесячные взносы по подписке, можно приблизительно считать 12 месячных взносов, полученных в течение указанного года единовременной суммой, полученной в середине года. Каким же образом с помощью функции ЧПС можно определить ЧПС последовательности денежных потоков в середине года? Для любого  $n$ -го года  $\sqrt{1+r}$  долларов, полученных в конце  $n$ -го года, эквивалентны одному доллару, полученному в середине  $n$ -го года, поскольку за полгода один доллар вырастет в  $\sqrt{1+r}$  раз.

Если предположить, что денежные потоки для первого инвестиционного проекта приходят в середине года, можно рассчитать ЧПС первого проекта на середину года в ячейке C17 по формуле  $= \text{КОРЕНЬ}(1+r) * C14$ . ЧПС равен 253,58 долларов.

### Как рассчитать ЧПС, если денежные потоки приходят через неравные промежутки времени?

Денежные потоки часто приходят нерегулярно, что усложняет расчет ЧПС или внутренней ставки доходности (ВСД) этих потоков. К счастью, на помощь приходит такая функция Excel, как ЧИСТНЗ (XNPV), вычисляющая ЧПС денежных потоков, спланированных через неравные промежутки времени.

Для функции ЧИСТНЗ используется следующий синтаксис: ЧИСТНЗ(ставка; значения; даты). Первая указанная дата должна быть самой ранней, а остальные даты не обязательно перечислять в хронологическом порядке. Функция ЧИСТНЗ вычисляет ЧПС заданных

денежных потоков, при условии, что текущая дата является первой датой последовательности. Например, если первой указана дата 08.04.13, то ЧПС рассчитывается в стоимости доллара на 8 апреля 2013 г.

Работа функции ЧИСТНЗ продемонстрирована в примере на листе NPV as of first date в файле XNPV.xlsx, показанном на рис. 7.2. Предположим, что 8 апреля 2015 г. было выплачено 900 долларов. Позже получены следующие суммы:

- ◆ 300 долларов 15 августа 2015 г.;
- ◆ 400 долларов 15 января 2016 г.;
- ◆ 200 долларов 25 июня 2016 г.;
- ◆ 100 долларов 3 июля 2016 г.

Если годовая процентная ставка составляет 10%, какова величина ЧПС этих денежных потоков? Введите даты (в формате дат Excel) в ячейки D3:D7 и денежные потоки в ячейки E3:E7. После ввода формулы =ЧИСТНЗ(A9;E3:E7;D3:D7) в ячейку D11 произойдет расчет ЧПС проекта в стоимости доллара на 8 апреля 2015 г., поскольку это первая дата в списке. ЧПС этого проекта в стоимости доллара на 8 апреля 2015 г. равна 28,64 долларов.

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2	Функция ЧИСТНЗ		Код	Дата	Денежный поток	Время	коэффициент дисконтирования
3			42102,00	08.04.2015	-900		1
4			42231,00	15.08.2015	300	0,353425	0,966876054
5			42384,00	15.01.2016	400	0,772603	0,92900895
6			42546,00	25.06.2016	200	1,216438	0,890529581
7			42554,00	03.07.2016	100	1,238356	0,888671215
8	Ставка						
9	0,1						
10				ЧПС	Прямой расчет		
11				28,63943392	28,63943392		

Рис. 7.2. Функция ЧИСТНЗ в действии

Функция ЧИСТНЗ выполняет следующие вычисления:

1. Вычисляет количество лет после 8 апреля 2015 г., через которое наступит каждая дата в списке (см. столбец F). Например, 15 августа наступит через 0,3534 года после 8 апреля.
2. Дисконтирует денежные потоки по ставке  $1/(1+ставка)^{количество\_лет}$ .  
Например, денежный поток 15 августа 2015 г. дисконтируется по ставке:

$$\frac{1}{(1+0,1)^{0,3534}}=0,967.$$

3. Суммирует совокупные денежные потоки в ячейке E11: (стоимость денежных потоков) \* (коэффициент дисконтирования).



Предположим, что сегодня 8 июля 2013 г. Как вычислить ЧПС инвестиций в текущих долларах? Просто добавьте строку с текущей датой и нулевой денежный поток и включите эту строку в диапазон для функции ЧИСТНЗ. (См. рис. 7.3 и лист today.) ЧПС проекта в текущих долларах составляет 106,99 долларов.

	A	B	C	D	E	F
1						
2	<b>Функция ЧИСТНЗ</b>		<b>Код</b>	<b>Дата</b>	<b>Денежный поток</b>	
3			41463,00	08.07.2013	0	
4			42102,00	08.04.2015	-900	
5			42231,00	15.08.2015	300	
6			42384,00	15.01.2016	400	
7			42546,00	25.06.2016	200	
8			42554,00	03.07.2016	100	
9			42188,00	03.07.2015	100	
10	<b>Ставка</b>					
11	0,1					
12				<b>ЧПС</b>		
13				106,9907181		
14						

Рис. 7.3. Конвертация ЧПС в текущие доллары

Следует отметить, что если денежный поток останется пустым, функция ЧПС проигнорирует и денежный поток, и период, а функция ЧИСТНЗ возвратит ошибку #ЧИСЛО!.

## Задания

1. Игрок НБА получает бонус за подписание контракта в размере 1 000 000 долларов сегодня и 2 000 000 долларов через год, через два года и через три года. Предполагая, что  $r = 0,10$ , и игнорируя налоги, не стал бы он богаче, получив 6 000 000 долларов сегодня?
2. Денежные потоки проекта приведены в табл. 7.1.

Таблица 7.1

Сегодня	Через год	Через два года	Через три года
-4 млн долл.	4 млн долл.	4 млн долл.	-3 млн долл.

Если стоимость капитала компании составляет 15%, стоит ли ей продолжать реализацию инвестиционного проекта?

3. Через месяц клиент будет платить своему поставщику интернет-услуг по 25 долларов в месяц в течение следующих пяти лет. При условии, что все годовые доходы поступают в середине года, рассчитайте ЧПС этих доходов. Примите  $r = 0,15$ .
4. Через месяц клиент будет платить своему поставщику интернет-услуг по 25 долларов в месяц в течение следующих пяти лет. При условии, что все годовые

вые доходы поступают в середине года, воспользуйтесь функцией ЧИСТНЗ для получения точного значения ЧПС этих доходов. Примите  $r = 0,15$ .

5. Рассмотрите денежные потоки за четыре года в табл. 7.2. Определите ЧПС этих денежных потоков, если  $r = 0,15$  и денежные потоки приходят в конце года.

Таблица 7.2

Год	1	2	3	4
	-600 долл.	550 долл.	-680 долл.	1000 долл.

Выполните задание 5 при условии, что денежные потоки приходят в начале каждого года.

6. Рассмотрите денежные потоки в табл. 7.3.

Таблица 7.3

Дата	Денежный поток, долларов
15.12.01	-1000
11.01.02	300
07.04.03	600
15.07.04	925

Если сегодня 1 ноября 2001 г. и  $r = 0,15$ , какова ЧПС этих потоков?

7. После получения диплома MBA студент начнет получать с 1 сентября 2005 г. зарплату 80 000 долларов в год. Он рассчитывает на 5%-ное повышение зарплаты каждый год, пока не выйдет на пенсию 1 сентября 2035 г. При условии, что стоимость капитала составляет 8% в год, определите совокупную приведенную стоимость его заработка до уплаты налогов.
8. Рассмотрим 30-летние облигации с выплатой 50 долларов в конце года с первого года по 29-й и выплатой 1050 долларов в конце 30-го года. Если соответствующая ставка дисконтирования составляет 5% в год, какая цена является справедливой за эту облигацию?

# Внутренняя ставка доходности

## Обсуждаемые вопросы

- ◆ Как найти внутреннюю ставку доходности (ВСД) денежных потоков?
- ◆ Всегда ли проект имеет единственное значение ВСД?
- ◆ Существуют ли условия, гарантирующие единственное значение ВСД проекта?
- ◆ Если два проекта имеют одинаковое значение ВСД, как использовать ВСД для этих проектов?
- ◆ Как найти ВСД для нерегулярно поступающих денежных потоков?
- ◆ Что такое модифицированная внутренняя ставка доходности (МВСД) и как ее можно рассчитать?

Чистая приведенная стоимость (ЧПС) последовательности денежных потоков зависит от используемой процентной ставки ( $r$ ). Например, анализ денежных потоков первого и второго проектов (см. лист IRR в файле IRR.xlsx и рис. 8.1), показывает, что при  $r = 0,2$  второй проект имеет большую величину ЧПС, чем первый проект, а при  $r = 0,01$ , наоборот, первый проект имеет большую величину ЧПС. При использовании ЧПС для ранжирования инвестиций результат может зависеть от процент-

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1		Время	1	2	3	4	5	6	7	ЧПС $r=0,2$	ЧПС $r=0,01$
2	Проект 1		-400	200	600	-900	1000	250	230	\$268,54	\$918,99
3	Проект 2		-200	150	150	200	300	100	80	\$297,14	\$741,07
4	Проект	ВСД проекта 1 без предположения	ВСД проекта 2 без предположения								
5	без предположения	47,5%	80,1%								
6											
7	предположение	ВСД проекта 1 с предположением	ВСД проекта 2 с предположением								
8	-0,9	47,5%	80,1%								
9	-0,7	47,5%	80,1%								
10	-0,5	47,5%	80,1%								
11	-0,3	47,5%	80,1%								
12	-0,1	47,5%	80,1%								
13	0,1	47,5%	80,1%								
14	0,3	47,5%	80,1%								
15	0,5	47,5%	80,1%								
16	0,7	47,5%	80,1%								
17	0,9	47,5%	80,1%								

Рис. 8.1. Пример использования функции ВСД

ной ставки. Человеку свойственно стремление свести все в жизни к единственному показателю. Внутренняя ставка доходности проекта — это процентная ставка, при которой величина ЧПС проекта равна 0. Если проект имеет единственную ВСД, то у такой ВСД точная трактовка. Например, если ВСД проекта равна 15%, то годовая норма прибыли на инвестированные денежные средства составит 15 процентов. В упомянутом примере ВСД первого проекта равна 47,5%. Это означает, что 400 долларов, вложенные в первый год, дадут годовую норму прибыли 47,5%. Однако в некоторых случаях проект может иметь несколько ВСД и даже ни одной ВСД. В этих случаях говорить о ВСД проекта не имеет смысла.

## Ответы на вопросы в начале главы

В этом разделе приведены ответы на вопросы, перечисленные в начале главы.

### Как найти внутреннюю ставку доходности денежных потоков?

Внутренняя ставка доходности вычисляется с помощью функции ВСД (IRR). Синтаксис функции ВСД:

ВСД(диапазон\_денежных\_потоков; [предположение])

где предположение является необязательным аргументом. Если предполагаемое значение для ВСД проекта не введено, вычисление автоматически начинается с предположения, что значение ВСД проекта равно 10%, и затем значение ВСД изменяется до тех пор, пока не будет найдена процентная ставка, при которой ЧПС проекта равна 0 (это и есть ВСД проекта). Если процентная ставка, при которой ЧПС проекта равна 0, не найдена, возвращается ошибка #ЧИСЛО!. В ячейке B5 введите формулу =ВСД(C2:I2) для расчета ВСД первого проекта. В результате получится 47,5%. Таким образом, ЧПС первого проекта равна 0 при использовании годовой процентной ставки 47,5 процентов. Аналогично, ВСД второго проекта равна 80,1%.

Даже если функция ВСД найдет значение ВСД, у проекта может оказаться несколько значений ВСД. Для проверки наличия у проекта нескольких значений ВСД можно варьировать начальное предположение о величине ВСД проекта (например, от -90% до 90%). Предположение о величине ВСД первого проекта можно изменить путем копирования формулы =ВСД(\$C\$2:\$I\$2;A8) из ячейки B8 в ячейки B9:B17. Поскольку при всех предположениях о величине ВСД первого проекта в результате получается 47,5%, можно с уверенностью сказать, что первый проект имеет единственную ВСД, равную 47,5%. Аналогично, можно уверенно утверждать, что второй проект имеет единственную внутреннюю ставку доходности 80,1%.

### Всегда ли проект имеет единственное значение ВСД?

В файле IRR.xlsx на листе Multiple IRR и на рис. 8.8 показано, что у третьего проекта (с денежными потоками -20, 82, -60, 2) имеется два значения ВСД. Предположение о величине ВСД третьего проекта варьировалось от -90% до 90% путем копирования формулы =ВСД(\$B\$4:\$E\$4;B8) из ячейки C8 в ячейки C9:C17.

	A	B	C	D	E	F
1	Несколько ВСД					
2						
3		1	2	3	4	
4	Проект 3	-20	82	-60	2	
5		очевидное значение ВСД		-9,6%		
6						
7		предположение				
8		-0,9	-9,6%		ЧПС при -9,6%	(\$0,01)
9		-0,7	-9,6%		ЧПС при 216,1%	\$0,00
10		-0,5	-9,6%			
11		-0,3	-9,6%			
12		-0,1	-9,6%			
13		0,1	-9,6%			
14		0,3	-9,6%			
15		0,5	216,1%			
16		0,7	216,1%			
17		0,9	216,1%			

Рис. 8.2. Этот проект имеет несколько значений ВСД

Очевидно, если предполагаемая величина ВСД не больше 30%, то ВСД проекта равна  $-9,6\%$ . Для других предполагаемых величин ВСД проекта равна  $216,1\%$ . Для обеих этих процентных ставок ЧПС третьего проекта нулевая.

В файле IRR.xlsx на листе № IRR (рис. 8.3) показано, что вне зависимости от предположений о величине ВСД четвертого проекта, в результате всегда появляется сообщение об ошибке #ЧИСЛО!. Это сообщение означает, что четвертый проект не имеет ВСД.

	A	B	C	D
1				
2		ВСД отсутствует		
3				
4		0	1	2
5	Проект 4	10	-30	35
6				
7		предположение		
8		-0,9	#ЧИСЛО!	
9		-0,8	#ЧИСЛО!	
10		-0,7	#ЧИСЛО!	
11		-0,6	#ЧИСЛО!	
12		-0,5	#ЧИСЛО!	
13		-0,4	#ЧИСЛО!	
14		-0,3	#ЧИСЛО!	
15		-0,2	#ЧИСЛО!	
16		-0,1	#ЧИСЛО!	
17		0	#ЧИСЛО!	
18		0,1	#ЧИСЛО!	
19		0,2	#ЧИСЛО!	
20		0,3	#ЧИСЛО!	
21		0,4	#ЧИСЛО!	
22		0,5	#ЧИСЛО!	
23		0,6	#ЧИСЛО!	
24		0,7	#ЧИСЛО!	
25		0,8	#ЧИСЛО!	
26		0,9	#ЧИСЛО!	

Рис. 8.3. У этого проекта значение ВСД отсутствует

Если у проекта несколько ВСД или ВСД отсутствует, понятие ВСД теряет свое практическое значение. Однако несмотря на эту проблему, многие компании все еще используют ВСД в качестве основного инструмента ранжирования инвестиций.

### Существуют ли условия, гарантирующие единственное значение ВСД проекта?

Если в последовательности денежных потоков проекта происходит только одна смена знака, проект гарантированно имеет единственное значение ВСД. Например, у второго проекта на листе `IRR` последовательность знаков денежных потоков такая:  $- + + + +$ . Смена знака происходит только один раз (между первым и вторым годом), поэтому у второго проекта должно быть только одно значение ВСД. Третий проект на листе `Multiple IRR` имеет такую последовательность знаков денежных потоков:  $- + - +$ . Поскольку знак денежных потоков меняется три раза, единственное значение ВСД не гарантировано. Так как у четвертого проекта на листе `No IRR` знаки денежных потоков  $(+ - +)$  меняются два раза, в этом случае единственное значение ВСД также не гарантируется. Большинство проектов капиталовложений (таких как строительство завода) начинается с отрицательного денежного потока, за которым следуют положительные денежные потоки. Следовательно, большинство проектов капиталовложений должно иметь единственное значение ВСД.

### Если два проекта имеют одинаковое значение ВСД, как использовать ВСД для этих проектов?

Если у проекта единственное значение ВСД, то можно утверждать, что проект увеличивает стоимость компании *тогда и только тогда*, когда ВСД проекта превышает годовую стоимость капитала. Например, если стоимость капитала компании составляет 15%, оба проекта, и первый, и второй, увеличат ее стоимость.

Предположим, что рассматриваются два проекта (у обоих проектов значение ВСД единственное), но принять к реализации можно только один проект. Заманчиво считать, что следует выбрать проект, значение ВСД у которого больше. Иллюстрация того, что такое предположение может привести к неправильному решению, представлена на рис. 8.4 и в файле `IRR.xlsx` на листе `Which Project`. ВСД пятого проекта 40%, а шестого — 50%. Если проекты ранжируются на основе ВСД и требуется выбрать только один проект, наверное, будет выбран шестой проект. Однако вспомним, что ЧПС проекта измеряет величину стоимости, которую проект добавляет компании. Очевидно, что пятый проект имеет (практически для любой стоимости капитала) значение ЧПС больше, чем у шестого проекта. Следовательно, если требуется выбрать один проект, то это должен быть пятый проект. Основываться только на ВСД проблематично, поскольку при этом игнорируется масштаб

	В	С	Д	Е
1				
2	Проект	Период 1	Период 2	ВСД
3	5	-100	140	40%
4	6	-1	1,5	50%

Рис. 8.4. Оценка на основе ВСД может привести к выбору не самого выгодного проекта

проекта. Несмотря на то, что шестой проект превосходит пятый проект по доходности на каждый вложенный доллар, благодаря масштабности пятый проект более ценен для компании.

### Как найти ВСД для нерегулярно поступающих денежных потоков?

Денежные потоки приходятся на фактические даты, а не только на начало или конец года. ВСД для ряда денежных потоков, приходящихся на набор дат неперического характера, вычисляется с помощью функции ЧИСТВНДОХ (XIRR). Синтаксис функции ЧИСТВНДОХ:

ЧИСТВНДОХ (денежные\_потоки; даты; [предположение])

Как и в случае с функцией ВСД, аргумент предположение является необязательным. См. пример использования функции ЧИСТВНДОХ на рис. 8.5 и в файле IRR.xlsx на листе XIRR.

	A	B	C	D	E	F	G
1					Проект 7		
2	Функция						
3	ЧИСТВНДОХ						
4				Код даты	Дата	Денежный поток	
5				08.04.2011	08.04.2011	-1500	
6				15.08.2011	15.08.2011	300	
7				15.01.2012	15.01.2012	400	
8				25.06.2012	25.06.2012	200	
9				ВСД			
				-48,69%			

Рис. 8.5. Пример использования функция ЧИСТВНДОХ

Расчет по формуле =ЧИСТВНДОХ(F4:F7;E4:E7) в ячейке D9 показывает, что ВСД седьмого проекта равна -48,69%.

### Что такое модифицированная внутренняя ставка доходности (МВСД) и как ее можно рассчитать?

Во многих случаях, ставка, по которой компания занимает средства, отличается от ставки, по которой компания реинвестирует средства. При расчете ВСД неявно предполагается, что обе эти ставки равны ВСД. Если известна фактическая ставка займа и ставка реинвестирования, то с помощью функции МВСД (MIRR) можно рассчитать ставку дисконтирования, при которой ЧПС всех денежных потоков (включая погашение займа и реинвестирование поступлений по займу с заданной ставкой) равна 0. Синтаксис функции МВСД:

МВСД(значения\_денежных\_потоков;ставка\_финансирования;  
ставка\_реинвестирования)

Следует отметить, что значение МВСД всегда единственное. На рис. 8.6 и в файле IRR.xlsx на листе MIRR представлен пример использования функции МВСД. Предположим, что компания заняла 120 000 долларов и получила следующие денежные потоки: первый год — 39 000 долларов; второй год — 30 000 долларов; третий год —

21 000 долларов; четвертый год — 37 000 долларов; пятый год — 46 000 долларов. Предположим, что заемный процент составил 10% в год, а ставка реинвестирования — 12% в год.

Введите эти значения на листе MIRR в ячейки E7:E12 и рассчитайте МВСД в ячейке D15 по формуле =МВСД(E7:E12;E3,E4). Таким образом, МВСД этого проекта составляет 12,61%. В ячейке D16 вычислена фактическая ВСД — 13,07%.

	С	Д	Е
1			
2			
3		заём	0,1
4		реинвестирование	0,12
5			
6		Год	Денежные потоки
7			0 -120000
8			1 39000
9			2 30000
10			3 21000
11			4 37000
12			5 46000
13			
14			
15	МВСД	12,6094%	
16	ВСД	13,0736%	

Рис. 8.6. Пример использования функции МВСД

Обратите внимание, что при пустом денежном потоке функция ВСД игнорирует и денежный поток, и период и возвращает сообщение об ошибке #ЧИСЛО!.

## Задания

1. Вычислите все виды ВСД для следующего ряда денежных потоков (табл. 8.1).

Таблица 8.1

Год 1	Год 2	Год 3	Год 4	Год 5	Год 6	Год 7
-10 000 долл.	8000 долл.	1500 долл.	1500 долл.	1500 долл.	1500 долл.	-1500 долл.

2. Рассмотрите проект с приведенными в табл. 8.2 денежными потоками. Определите ВСД проекта. Если годовая стоимость капитала составляет 20%, следует ли принимать этот проект к реализации?

Таблица 8.2

Год 1	Год 2	Год 3
-4000 долл.	2000 долл.	4000 долл.



3. Найдите все виды ВСД для следующего проекта (табл. 8.3).

Таблица 8.3

Год 1	Год 2	Год 3
100 долл.	-300 долл.	250 долл.

4. Найдите все виды ВСД для проекта с заданными денежными потоками, приходящимися на перечисленные даты (табл. 8.4).

Таблица 8.4

10.01.2003	10.07.2003	25.05.2004	18.07.2004	20.03.2005	01.04.2005	10.01.2006
-1000 долл.	900 долл.	800 долл.	700 долл.	500 долл.	500 долл.	350 долл.

5. Рассмотрите следующие два проекта при условии, что стоимость капитала компании составляет 15% (табл. 8.5). Найдите ВСД и ЧПС каждого проекта. Какие проекты увеличат стоимость компании? Если бы компания могла выбрать только один проект, какой проект ей следовало бы выбрать?

Таблица 8.5

	Год 1, долларов	Год 2, долларов	Год 3, долларов	Год 4, долларов
Проект 1	-40	130	19	26
Проект 2	-80	36	36	36

6. Двадцатипятилетняя Мэг Прайор намерена инвестировать 10 000 долларов в свой пенсионный фонд в начале каждого года из следующих 40 лет. Предположим, что в течение следующих 30 лет Мэг заработает 15% на своей инвестиции, а в последние 10 лет перед выходом на пенсию ее инвестиция будет приносить 5%. Определите ВСД, связанную с ее инвестицией, и ее окончательное положение при выходе на пенсию. Будет ли значение ВСД единственным? Как можно интерпретировать единственное значение ВСД?
7. Попытайтесь объяснить, почему шестой проект (см. в файле IRR.xlsx лист Which Project) имеет ВСД, равную 50%.
8. Исследуйте проект со следующими денежными потоками (табл. 8.6).

Таблица 8.6

Год 1	Год 2	Год 3
-70 000 долл.	12 000 долл.	15 000 долл.

Попытайтесь найти ВСД этого проекта без предположений. Какая при этом возникает проблема? Какова ВСД этого проекта? Имеет ли проект единственное значение ВСД?

9. Для денежного потока в задании 1 при условии, что можно взять заем со ставкой 12% в год и инвестировать поступления со ставкой 15% в год, вычислите МВСД проекта.
10. Предположим, что за облигацию из задания 9 в *главе 7* сегодня уплачено 1000 долларов. Какова величина ВСД облигации? ВСД облигации часто называют *доходностью* облигации.

# Еще несколько финансовых функций Excel

### Обсуждаемые вопросы

- ◆ При покупке копируемого устройства выгоднее заплатить 11 000 долларов сегодня или платить по 3000 долларов в год в течение пяти лет?
- ◆ В конце каждого года в течение следующих 40 лет я собираюсь инвестировать по 2000 долларов в год вплоть до своего выхода на пенсию и зарабатывать 8% в год на своих инвестициях. Какую сумму я получу при выходе на пенсию?
- ◆ Я занял 10 000 долларов на срок 10 месяцев с годовой процентной ставкой 8%. Каковы мои ежемесячные платежи? Каковы ежемесячные выплаты по основной сумме и по процентам?
- ◆ Я собираюсь занять 80 000 долларов и вносить ежемесячные платежи в течение 10 лет. Максимальный ежемесячный платеж, который я могу себе позволить, составляет 1000 долларов. На какую максимальную процентную ставку я могу рассчитывать?
- ◆ Если я возьму займы 100 000 долларов с ежегодной процентной ставкой 8% и буду вносить платежи в размере 10 000 долларов в год, через сколько лет я выплачу заем?

При займе денег на покупку машины или дома всегда возникают сомнения относительно правильности заключаемой сделки. При откладывании денег для получения дохода в пенсионный период всегда любопытно, насколько велики окажутся сбережения. Подобные финансовые вопросы постоянно возникают в повседневной работе и личной жизни. Ответы на них дает изучение и применение следующих функций Microsoft Excel: ПС (PV), БС (FV), ПЛТ (PMT), ОСПЛТ (PPMT), ПРПЛТ (IPMT), ОБЩДОХОД (CUMPRINC), ОБЩПЛАТ (CUMIPMT), СТАВКА (RATE) и КЛЕР (NPER).

## Ответы на вопросы в начале главы

---

В этом разделе приведены ответы на вопросы, перечисленные в начале главы.

**При покупке копируемого устройства выгоднее заплатить 11 000 долларов сегодня или платить по 3000 долларов в год в течение пяти лет?**

Ключом к ответу на этот вопрос является возможность оценки ежегодных выплат в размере 3000 долларов в год. Предположим, что стоимость капитала составляет 12% в год. Можно воспользоваться функцией ЧПС, но функция ПС (PV) в Excel пре-

доставляет гораздо более быстрый способ решения задачи. Поток денежных средств, состоящий из периодических, равных по сумме платежей (или поступлений), называется *аннуитетом*. Если предположить, что процентная ставка за период постоянна, аннуитет можно рассчитать с помощью функции ПС. Она возвращает приведенную стоимость (в долларах на сегодняшний день) для серии будущих периодических платежей при условии, что платежи и процентная ставка постоянны.

Синтаксис функции ПС:

ПС(ставка;#кпер;плт[;бс ][;тип])

где бс и тип являются необязательными аргументами.

### ПРИМЕЧАНИЕ

При работе с финансовыми функциями Excel используются следующие соглашения по знакам для аргументов плт (платеж) и бс (будущая стоимость): полученные суммы указываются со знаком "плюс" (+), а выплаченные — со знаком "минус" (-).

- ◆ ставка — процентная ставка за период. Например, если заем берется под 6% в год, а период равняется одному году, то ставка = 0,06. Если период равен одному месяцу, то ставка = 0,06/12 = 0,005.
- ◆ #кпер — число периодов аннуитета. Для примера с копирувальным устройством #кпер = 5. Если платежи за копирувальное устройство осуществляются каждый месяц в течение пяти лет, то #кпер = 60. Разумеется, значение аргумента ставка должно соответствовать числу периодов #кпер. Если значение #кпер указано в месяцах, то необходимо использовать ежемесячную процентную ставку; если значение #кпер указано в годах, используйте годовую процентную ставку.
- ◆ плт — выплата, производимая в каждый период. Для примера с копирувальным устройством плт = -\$3 000. Выплаты указываются со знаком "минус", а получаемые денежные средства — со знаком "плюс". Если этот аргумент опущен, то аргумент бс является обязательным.
- ◆ бс — остаток денежных средств (или будущая стоимость) после последнего платежа. Для примера с копирувальным устройством бс = 0. Например, если желаемый остаток средств после последнего платежа равен 500 долларам, то бс = \$500. Если в конце последнего периода требуется выполнить дополнительный платеж в размере 500 долларов, то бс = -\$500. Если аргумент бс опущен, то его значение считается равным 0.
- ◆ тип — число 0 или 1, указывающее, когда производится выплата. Если тип опущен или равен 0, выплаты производятся в конце каждого периода. Если тип = 1, выплаты производятся в начале каждого периода. Обратите внимание, что в обращениях ко всем функциям, описанным в данной главе, вместо 1 можно указать ИСТИНА, а вместо 0 — ЛОЖЬ.

Решение задачи о копирувальном устройстве показано на рис. 9.1. (См. лист PV в файле Exceelfinfunctions.xlsx.)

Приведенная (к текущему моменту) стоимость платежа в размере 3000 долларов в конце каждого года в течение пяти лет со стоимостью капитала 12% рассчитана

в ячейке B3 по формуле  $=\text{ПС}(0,12;5;-3000;0;0)$ . Получен результат 10 814,33 долларов. Последние два аргумента можно опустить и по формуле  $=\text{ПС}(0,12;5;-3000)$  получить тот же самый результат. Таким образом, выгоднее осуществлять платежи в конце года, а не платить 11 000 долларов сегодня.

	А	В
2	Функция ПС	Приведенная стоимость
3	Выплата по \$3000 5 лет в конце каждого года	\$10 814,33
4	Выплата по \$3000 5 лет в начале каждого года	\$12 112,05
5	Выплата по \$3000 5 лет в конце каждого года +\$500 в конце пятого года	\$11 098,04

Рис. 9.1. Применение функции ПС

Приведенная стоимость платежей за копируемую установку, осуществляемых в размере 3000 долларов в начале каждого года в течение пяти лет, рассчитана в ячейке B4 по формуле  $=\text{ПС}(0,12;5;-3000;0;1)$ . Обратите внимание, что изменение значения последнего аргумента с 0 на 1 переносит расчеты с конца года на начало года. В этом случае приведенная стоимость платежей равна 12 112,05 долларов. Следовательно, выгоднее заплатить 11 000 долларов сегодня, чем осуществлять платежи в начале года.

Теперь предположим, что платежи осуществляются в размере 3000 долларов в конце каждого года и необходимо включить дополнительный платеж 500 долларов в конце пятого года. Для этого случая приведенная стоимость всех платежей рассчитана в ячейке B5 путем включения будущей стоимости в размере 500 долларов в формулу  $=\text{ПС}(0,12;5;-3000;-500;0)$ . Обратите внимание, денежные потоки 3000 долларов и 500 долларов имеют отрицательные знаки, потому что денежные средства выплачиваются. Приведенная стоимость всех платежей составляет 11 098,04 долларов.

**В конце каждого года в течение следующих 40 лет я собираюсь инвестировать по 2000 долларов в год вплоть до своего выхода на пенсию и зарабатывать 8% в год на своих инвестициях. Какую сумму я получу при выходе на пенсию?**

В этом случае речь идет о будущей стоимости аннуитета (через 40 лет), а не о стоимости в долларах на сегодняшний день. Это задача для функции БС (будущая стоимость). Функция БС (FV) возвращает будущую стоимость инвестиции при условии, что периодические платежи и процентная ставка постоянны. Синтаксис функции БС:

БС(ставка; #кпер; плт; [пс]; [тип])

где пс и тип являются необязательными аргументами.

- ◆ ставка — процентная ставка за период. В данном случае ставка равна 0,08.
- ◆ #кпер — число периодов в будущем, для которых требуется вычислить будущую стоимость. #кпер также означает число периодов выплаты аннуитета. В данном случае #кпер = 40.
- ◆ плт — выплата, осуществляемая в каждый период. В данном случае значение плт равно -2000 долларов. Знак "минус" показывает, что производится выплата на счет. Если этот аргумент опущен, то аргумент пс является обязательным.
- ◆ пс — сумма денежных средств (приведенная к текущему моменту), взятая в долг прямо сейчас. В данном случае значение пс равно \$0. Если вы сегодня взяли займы у кого-либо 10 000 долларов, то значение пс равно \$10 000, потому что кредитор дал вам 10 000 долларов, и вы их получили. Если у вас сегодня было 10 000 долларов в банке, то значение пс равно -\$10 000, потому что вы положили на свой счет в банке 10 000 долларов. Если аргумент пс опущен, то по умолчанию его значение равно 0.
- ◆ тип — число 0 или 1, обозначающее, когда производятся выплаты или когда денежные средства кладутся на хранение. Если тип = 0 или аргумент тип опущен, выплаты производятся или денежные средства кладутся на хранение в конце периода. В данном случае значение тип равно 0 или опущено. Если значение тип = 1, выплаты производятся или денежные средства кладутся на хранение в начале периода.

В файле `Excelfinfunctions.xlsx` на листе `FV` (рис. 9.2) по формуле `=БС(0,08;40;-2000)` в ячейке `B3` можно вычислить, что через 40 лет сбережения составят \$518 113,04. Обратите внимание, что для ежегодного платежа необходимо ввести отрицательное значение, потому что 2000 долларов будут положены на ваш счет. Тот же результат можно получить, указав в формуле `=БС(0,08;40;-2000;0;0)` два последних необязательных аргумента.

Если денежные средства вносятся в банк в начале каждого года в течение 40 лет, то по формуле `=БС(0,08;40;-2000;0;1)` в ячейке `B4` можно рассчитать результат 40-летних накоплений: \$559 562,08.

	А	В
2	Функция БС	Будущая стоимость
3	Инвестиция \$2000 в конце года 40 лет	\$518 113,04
4	Инвестиция \$2000 в начале года 40 лет	\$559 562,08
5	Вначале \$30000 и инвестиция \$2000 в конце года 40 лет	\$1 169 848,68

Рис. 9.2. Применение функции БС

Наконец, предположим, что в дополнение к инвестированию 2000 долларов в конце года в течение 40 лет, вы изначально инвестировали 30 000 долларов. Если инвестиции приносят 8% в год, какая денежная сумма окажется на вашем счету к моменту выхода на пенсию через 40 лет? Ответ можно получить, установив в функции БС для аргумента бс значение -30 000 долларов. Знак "минус" означает, что 30 000 долларов положены в банк или выплачены на ваш счет. В ячейке В5 по формуле =БС(0,08;40;-2000;-30000;0) вычислена будущая стоимость — \$1 169 848,68.

**Я занял 10 000 долларов на срок 10 месяцев с годовой процентной ставкой 8 процентов. Каковы мои ежемесячные платежи? Каковы ежемесячные выплаты по основной сумме и по процентам?**

В Excel функция ПЛТ (PMT) возвращает сумму периодических платежей по кредиту при условии, что платежи и процентная ставка постоянны. Синтаксис функции ПЛТ:

ПЛТ(ставка; #кпер; пс; [бс]; [тип])

где бс и тип являются необязательными аргументами.

- ◆ ставка — процентная ставка по кредиту за период. В данном примере в качестве периода укажите месяц, тогда ставка равна  $0,08/12 = 0,006666667$ .
- ◆ #кпер — число произведенных выплат. В данном случае #кпер = 10.
- ◆ пс — приведенная к текущему моменту стоимость всех платежей. Иначе говоря, пс — это сумма кредита. В данном случае пс = 10 000 долларов. Значение пс имеет знак "плюс", поскольку это вы получаете 10 000 долларов.
- ◆ бс указывает окончательный баланс займа после осуществления последнего платежа. В данном случае бс = 0. Если аргумент бс опущен, то его значение принимается равным 0. Предположим, что вы взяли шаровой кредит, по которому производите выплаты в конце каждого месяца, а в конце срока заимствования вы гасите кредит, внося большой одноразовый платеж 1000 долларов. Тогда значение бс равно -1000 долларов. Значение бс отрицательное, поскольку платите вы.
- ◆ тип — число 0 или 1, показывающее, когда должны производиться выплаты. Если этот аргумент равен 0 или опущен, выплаты производятся в конце периода. Если предполагается производить выплаты в конце месяца, укажите для аргумента тип значение 0 или ничего не указывайте. Если значение тип равно 1, выплаты производятся или деньги кладутся на хранение в начале периода.

В файле Excelfinfunctions.xlsx на листе PMT в ячейке G1 по формуле =-ПЛТ(0,08/12;10;10000;0;0) вычислен ежемесячный платеж по 10-месячному кредиту на сумму 10 000 долларов по ставке 8% годовых и при осуществлении платежей в конце месяца (рис. 9.3). Ежемесячный платеж составляет 1037,03 долларов. Функция ПЛТ возвращает отрицательное значение, поскольку производятся платежи компании, предоставившей кредит.

При необходимости в Excel можно отдельно рассчитать сумму, выплачиваемую каждый месяц по процентам, и сумму ежемесячного основного платежа (это называется погашением основной суммы), с помощью функций ПРПЛТ (IPMT) и ОСПЛТ (PPMT).

	В	С	Д	Е	Ф	Г	Н
1			ставка	0,006666667	платеж	\$1 037,03	
2	Функции ПЛТ,ОСПЛТ, ПРПЛТ, ОБЩДОХОД, ОБЩПЛАТ		месяцы		10 в конце месяца		
3			сумма кредита	\$ 10 000,00			
4							
5		Время	Остаток на начало периода	Ежемесячный платеж	Основная сумма	Процент	Остаток на конец периода
6		1	\$ 10 000,00	\$1 037,03	\$970,37	\$66,67	\$9 029,63
7		2	\$9 029,63	\$1 037,03	\$976,83	\$60,20	\$8 052,80
8		3	\$8 052,80	\$1 037,03	\$983,35	\$53,69	\$7 069,45
9		4	\$7 069,45	\$1 037,03	\$989,90	\$47,13	\$6 079,55
10		5	\$6 079,55	\$1 037,03	\$996,50	\$40,53	\$5 083,05
11		6	\$5 083,05	\$1 037,03	\$1 003,15	\$33,89	\$4 079,90
12		7	\$4 079,90	\$1 037,03	\$1 009,83	\$27,20	\$3 070,07
13		8	\$3 070,07	\$1 037,03	\$1 016,56	\$20,47	\$2 053,51
14		9	\$2 053,51	\$1 037,03	\$1 023,34	\$13,69	\$1 030,16
15		10	\$1 030,16	\$1 037,03	\$1 030,16	\$6,87	(\$0,00)
16							
17		ЧПС платежей	\$10 000,00				
18					по процентам за 2-4 месяц	по основной сумме за 2-4 месяц	
19		платеж в начале каждого месяца	\$1 030,16		-161,0125862	-2950,083682	
20		ежемесячный платеж при условии выплаты в конце \$1000	\$940,00				

Рис. 9.3. Примеры использования функций ПЛТ, ОСПЛТ, ПРПЛТ, ОБЩДОХОД и ОБЩПЛАТ

Определите выплачиваемые каждый месяц проценты с помощью функции ПРПЛТ. Синтаксис функции: ПРПЛТ(ставка; период; #кпер; пс; [бс]; [тип]), где бс и тип являются необязательными аргументами. Аргумент период указывает число периодов, для которых вычисляется процент. Остальные аргументы аналогичны аргументам функции ПЛТ. Подобным образом величину ежемесячного платежа в счет погашения основной суммы можно определить с помощью функции ОСПЛТ. Синтаксис функции: ОСПЛТ(ставка; период; #кпер; пс; [бс]; [тип]). Все аргументы этой функции аналогичны аргументам функции ПРПЛТ. Для вычисления суммы ежемесячного платежа в счет погашения основной суммы скопируйте формулу =-ОСПЛТ(0,08/12;С6;10;10000;0;0) из ячейки F6 в ячейки F7:F16. Например, за первый месяц необходимо выплатить только 970,37 долларов в счет погашения основной суммы. Как и ожидалось, сумма, уплачиваемая в счет погашения основной суммы, каждый месяц увеличивается. Знак "минус" необходим, поскольку основная сумма выплачивается компании, предоставившей кредит, и функция ОСПЛТ возвратит отрицательное число. Сумму, ежемесячно выплачиваемую по процентам, можно вычислить путем копирования формулы =-ПРПЛТ(0,08/12;С6;10;10000;0;0) из ячейки G6 в ячейки G7:G16. Например, за первый месяц необходимо заплатить по процентам 66,67 долларов. Разумеется, выплачиваемая по процентам сумма каждый месяц уменьшается.



Обратите внимание, что каждый месяц

$$\begin{aligned} & (\text{платеж по процентам}) + (\text{платеж в счет погашения основной суммы}) = \\ & = (\text{ежемесячный платеж}). \end{aligned}$$

Иногда из общей суммы в результате округления исчезает один цент.

С помощью соотношения

$$(\text{остаток на конец периода}) = (\text{остаток на начало периода}) - (\text{ежемесячный платеж в счет погашения основной суммы})$$

можно рассчитать в столбце **n** остаток на конец каждого месяца. Обратите внимание, что остаток на начало первого месяца равен 10 000 долларов. В столбце **D** можно создать остаток на начало каждого месяца с помощью соотношения

$$(\text{остаток на начало месяца}) = (\text{остаток на конец предыдущего месяца}).$$

Разумеется, остаток на конец десятого месяца равен 0 долларов, как и должно быть.

Выплаты по процентам за каждый месяц можно вычислить как

$$(\text{проценты за месяц}) = (\text{процентная ставка}) \times (\text{остаток на начало месяца}).$$

Например, выплаты по процентам за третий месяц составят

$$0,0066667 \times 8\,052,80 = 53,69 \text{ долларов.}$$

Очевидно, что ЧПС всех платежей равна именно 10 000 долларов. Проверьте это в ячейке **D17** с помощью формулы `=ЧПС(0,08/12;E6:E15)`. (См. рис. 9.3.)

Если платежи производятся в начале каждого месяца, величина каждого такого платежа вычислена в ячейке **D19** по формуле `=-ПЛТ(0,08/12;10;10000;0;1)`. Замена последнего аргумента на 1 перемещает каждый платеж в начало месяца. Поскольку кредитор получает деньги раньше, размер ежемесячного платежа в этом случае меньше, чем при выплате в конце месяца. При выплате в начале месяца ежемесячный платеж составляет 1030,16 долларов.

Наконец, предположим, что в конце десятимесячного периода требуется произвести большой одноразовый платеж в размере 1000 долларов. Если ежемесячные платежи производятся в конце месяца, то величина такого ежемесячного платежа рассчитана по формуле `=-ПЛТ(0,08/12;10;10000;-1000;0)` в ячейке **D20**. В этом случае ежемесячный платеж равен 940 долларов. Такой ежемесячный платеж меньше исходного ежемесячного платежа, выплачиваемого в размере 1037,03 долларов в конце месяца, поскольку 1000 долларов кредита не выплачивается с ежемесячными платежами.

## Функции ОБЩДОХОД и ОБЩПЛАТ

Часто требуется собрать кумулятивные данные о выплатах по процентам или выплатам в счет основной суммы за определенный период. Функции ОБЩДОХОД (`CUMPRINC`) и ОБЩПЛАТ (`CUMIPMT`) максимально упрощают этот процесс.

Функция ОБЩДОХОД возвращает сумму выплат в погашение основной суммы в промежутке между двумя заданными периодами (включая эти периоды).

Синтаксис функции ОБЩДОХОД:

ОБЩДОХОД (ставка; #кпер; пс; нач\_период; кон\_период; тип)

Аргументы ставка, #кпер, пс и тип аналогичны описанным ранее аргументам.

Функция ОБЩПЛАТ возвращает сумму процентов, выплачиваемых в промежутке между двумя периодами (включая оба эти периоды). Синтаксис функции:

ОБЩПЛАТ (ставка; #кпер; пс; нач\_период; кон\_период; тип)

Аргументы функции аналогичны описанным ранее аргументам. Например, на листе РМТ в ячейке F19 по формуле =ОБЩПЛАТ(0,08/12;10;10000;2;4;0) вычислена сумма процентов, выплачиваемых со второго по четвертый месяц (161,01 доллар). В ячейке G19 по формуле ОБЩДОХОД(0,08/12;10;10000;2;4;0) вычислена сумма выплат в погашение основной суммы со второго по четвертый месяц (2 950,08 долларов).

**Я собираюсь занять 80 000 долларов и вносить ежемесячные платежи в течение 10 лет. Максимальный ежемесячный платеж, который я могу себе позволить, составляет 1000 долларов. На какую максимальную процентную ставку я могу рассчитывать?**

Если задана сумма кредита, срок погашения кредита и размер платежа по периодам, то ставку по кредиту за период можно рассчитать с помощью функции СТАВКА (RATE). Синтаксис функции:

СТАВКА (#кпер; плт; пс; [бс]; [тип]; [прогноз])

где бс, тип и прогноз являются необязательными аргументами. Аргументы #кпер, плт, пс, бс и тип аналогичны ранее описанным аргументам. Аргумент прогноз указывает предполагаемую величину ставки. Как правило, аргумент прогноз может быть опущен. На листе Rate (в файле Exceelfunctions.xlsx) в ячейке D9 по формуле =СТАВКА(120;-1000;80000;0;0) рассчитано значение ежемесячной ставки — 0,7241%. Предполагается, что выплаты производятся в конце каждого месяца (рис. 9.4).

	D	E	F	G	H
5					
6	Кредит 80 000 долларов				
7	120 ежемесячных выплат по 1000 долларов				
8	Максимальная доступная процентная ставка				
9	0,7241% =СТАВКА(120;-1000;80000;0;0)				
10	Максимальная доступная процентная ставка				
11	при условии выплаты в конце 10 000 долларов				
12	0,818%				
13					
14					
15	\$80 000,08		ПРОВЕРКА!		
16					
17			=ПС(0,007241;120;-1000;0;0)		

Рис. 9.4. Пример с функцией СТАВКА

Правильно ли рассчитана ставка, можно проверить в ячейке D15 по формуле  $=\text{ПС}(0,007241;120;-1000;0;0)$ . Результат \$80 000,08 показывает, что выплаты по 1000 долларов в конце каждого месяца в течение 120 месяцев имеют текущую стоимость 80 000,08 долларов.

В ячейке D12 по формуле  $=\text{СТАВКА}(120;-1000;80000;-10000;0;0)$  рассчитана максимальная допустимая ставка при условии выплаты 10 000 долларов по истечении 120 месяцев. В этом случае ежемесячная ставка равна 0,818%.

**Если я возьму займы 100 000 долларов с ежегодной процентной ставкой 8% и буду вносить платежи в размере 10 000 долларов в год, через сколько лет я выплачу заем?**

Если задана сумма займа, размер платежа по периодам и процентная ставка, то число периодов, необходимых для погашения займа, можно рассчитать с помощью функции КПЕР (NPER). Синтаксис функции:  $\text{КПЕР}(\text{ставка};\text{плт};\text{пс};[\text{бс}];[\text{тип}])$ , где бс и тип являются необязательными аргументами.

При условии выполнения платежей в конце года расчет по формуле  $=\text{КПЕР}(0,08;-10000;100000;0;0)$  в ячейке D7 листа Nper (в файле Exceflfunctions.xlsx) дает в результате 20,91 года (рис. 9.5). Таким образом, для выплаты займа двадцати лет недостаточно, а за двадцать один год возникнет небольшая переплата. Проверка вычислений с помощью функции ПС в ячейках D10 и D11 показывает, что в результате выплат по 10 000 долларов в год в течение 20 лет будет возвращено 98 181,47 долларов, а в результате выплат по 10 000 долларов в течение 21 года будет возвращено 100 168,03 долларов.

Предположим, что вы планируете выплатить 40 000 долларов в заключительный период оплаты. Через сколько лет будет возвращен заем? Расчет по формуле  $=\text{КПЕР}(0,08;-10000;100000;-40000;0)$  в ячейке D14 показывает, что срок погашения кредита составит 15,90 года. Таким образом, для оплаты кредита 15 лет недостаточно, а за 16 лет возникнет небольшая переплата по кредиту.

	C	D
2		
3		Займ \$100 000 8%
4		Ежегодный платеж \$10 000
5		в конце года
6		Через сколько лет будет выплачен заем?
7		20,91237188
8		Через 20 лет не будет выплачен; 21 год
9		Проверка
10	20 лет	\$98 181,47
11	21 год	\$100 168,03
12		
13		При условии выплаты \$40 000 в конце срока
14		15,9012328
15		Через 15 лет не будет выплачен; 16 лет

Рис. 9.5. Пример с функцией КПЕР

## Задания

Все платежи производятся в конце периода, если не указано иное.

1. Вы только что выиграли в лотерею. В конце каждого года в течение следующих 20 лет вы будете получать по 50 000 долларов. Если стоимость капитала составляет 10% в год, какова текущая стоимость выигрыша?
2. Перпетуитет — это бессрочный аннуитет. Если при сдаче дома в аренду я получаю в начале каждого года 14 000 долларов, какова стоимость этого перпетуитета? Предположим, что стоимость капитала равна 10% в год. (Подсказка: воспользуйтесь функцией  $ps$ , и пусть периодов будет много!)
3. У меня 250 000 долларов в банке. В конце каждого года в течение следующих 20 лет я буду снимать по 15 000 долларов. Если я зарабатываю 8% в год на своей инвестиции, сколько денег у меня будет через 20 лет?
4. Я буду класть в банк 2000 долларов в месяц (в конце каждого месяца) в течение следующих 10 лет. Мои инвестиции принесут мне 0,8% в месяц. Через 10 лет я хотел бы получить 1 млн долларов. Сколько денег я должен внести сейчас?
5. Игрок футбольной премьер-лиги будет получать 15 млн долларов в конце каждого года в течение следующих семи лет. На своих инвестициях он может заработать 6% в год. Какова текущая стоимость его будущих доходов?
6. В конце каждого года в течение следующих 20 лет я буду получать суммы, приведенные в табл. 9.1.

**Таблица 9.1**

Годы	Сумма, долларов
1—5	200
6—10	300
11—20	400

Найдите с помощью функции  $ps$  текущую стоимость денежных потоков при условии, что стоимость капитала составляет 10%. Подсказка: начните с вычисления стоимости получения 400 долларов в течение 20 лет, а затем вычтите стоимость получения 100 долларов в течение 10 лет и т. д.

7. Вы взяли 30-летний ипотечный кредит в размере 200 000 долларов с годовой процентной ставкой 10%. Определите ежемесячный платеж, ежемесячные выплаты по процентам и ежемесячные выплаты в счет погашения основной суммы при условии, что выплаты производятся в конце месяца.
8. Выполните задание 7 при условии, что выплаты производятся в начале месяца.
9. С помощью функции  $bs$  определите накопленную стоимость для 100 долларов в течение трех лет при 7% годовых.

10. У вас есть обязательство выплатить 1 000 000 долларов через 10 лет. Стоимость капитала составляет 10% в год. Какую сумму следует откладывать в конце каждого года в течение 10 лет для выполнения этого обязательства?
11. Вы планируете купить новую машину по цене 50 000 долларов. Вам предложили две схемы оплаты:
- 10%-ная скидка на продажную цену машины и далее 60 ежемесячных платежей со ставкой 9% в год;
  - скидка на продажную цену машины отсутствует; 60 ежемесячных платежей со ставкой 2% в год.

Если годовая стоимость вашего капитала составляет 9%, какая схема оплаты выгоднее? Считается, что все платежи производятся в конце месяца.

12. У меня 10 000 долларов в банке. В начале каждого года в течение следующих 20 лет я буду инвестировать 4000 долларов и собираюсь заработать 6% в год на своих инвестициях. Сколько денег у меня будет через 20 лет?
13. В случае шаровой ипотеки необходимо погасить часть кредита в течение определенного периода, а затем произвести единовременную выплату для погашения оставшейся части кредита. Предположим, вы взяли шаровой ипотечный кредит в размере 400 000 долларов сроком на 20 лет с процентной ставкой 0,5% в месяц. Выплаты в конце каждого месяца в течение 20 лет должны погасить 300 000 долларов из вашего кредита, затем вы должны выплатить оставшиеся 100 000 долларов. Вычислите свои ежемесячные платежи по этому кредиту.
14. В случае ипотеки с регулируемой процентной ставкой ежемесячные выплаты связаны с индексом ставок (например, со ставками векселей казначейства США). Предположим, что вы взяли ипотечный кредит 60 000 долларов с регулируемой процентной ставкой на 30 лет (360 ежемесячных платежей).
15. Первые 12 платежей регулируются по текущей ставке векселей казначейства 8%. Со второго по пятый годы ежемесячные платежи устанавливаются по ежемесячной ставке векселей казначейства на начало года плюс 2%. Ставки векселей казначейства на начало годов со второго по пятый представлены в табл. 9.2.

Таблица 9.2

Начало года	Ставка векселей казначейства, %
2	10
3	13
4	15
5	10

Определите ежемесячные платежи с первого по пятый годы и остаток на конец периода для каждого года.

16. Предположим, что вы заняли деньги с годовой процентной ставкой 14,4%, и выплаты производятся ежемесячно. Если вы пропустили четыре подряд ежемесячных платежа, сколько вам придется выплатить в следующем месяце?
17. Через 10 лет вы хотите поменять машину на новую, стоимость которой по оценке составит 80 000 долларов. При условии, что ежегодно можно заработать 8% на инвестициях, сколько денег необходимо отложить в конце каждого года для покрытия стоимости машины?
18. При покупке мотоцикла вы платите 1500 долларов сегодня и 182,50 долларов в месяц в течение трех лет. Если годовая процентная ставка составляет 18%, какова была первоначальная стоимость мотоцикла?
19. Пусть годовая процентная ставка равна 10%. Вы платите 200 долларов в месяц в течение двух лет, 300 долларов в месяц в течение года и 400 долларов в месяц в течение двух лет. Какова текущая стоимость всех платежей?
20. Вы собираетесь инвестировать 500 долларов в конце каждого шестимесячного периода в течение пяти лет. Если через пять лет необходимо накопить 6000 долларов, какой должна быть годовая процентная ставка по инвестициям?
21. Я собираюсь занять 2000 долларов и выполнять платежи ежеквартально в течение двух лет. Годовая процентная ставка равна 24%. Какова сумма каждого платежа?
22. Я занял 15 000 долларов. Мне предстоит выполнить 48 ежемесячных платежей, и годовая процентная ставка равна 9%. Какова общая сумма выплачиваемых процентов по кредиту?
23. Я собираюсь занять 5000 долларов и планирую погасить кредит 36-ю ежемесячными платежами. Годовая процентная ставка равна 16,5%. Через год я дополнительно выплачу 500 долларов и сокращу срок кредита до двух лет в общей сложности. Каким будет мой ежемесячный платеж в течение второго года действия кредита?
24. В случае ипотеки с регулируемой процентной ставкой ежемесячные выплаты производятся в зависимости от процентных ставок в начале каждого года. Мы взяли 30-летний ипотечный кредит в размере 60 000 долларов. В первый год ежемесячные платежи основываются на текущей годовой ставке векселей казначейства 9%. Со второго по пятый годы ежемесячные платежи основываются на перечисленных далее годовых ставках векселей казначейства плюс 2%.
  - Второй год: 10%.
  - Третий год: 13%.
  - Четвертый год: 15%.
  - Пятый год: 10%.

Проблема в том, что для ипотек с регулируемой процентной ставкой существует положение, гарантирующее, что ежемесячные платежи могут расти год от года максимум на 7,5%. Для компенсации кредитору этого условия заемщик

регулирует остаток на конец периода в конце каждого года, исходя из разницы между тем, что заемщик фактически заплатил, и тем, что он должен был заплатить. Определите ежемесячные платежи с первого по пятый годы кредита.

25. Существует выбор между получением 8000 долларов каждый год, начиная с 62-летнего возраста и до конца жизни, и получением 10 000 долларов каждый год, начиная с 65-летнего возраста и до конца жизни. Если можно заработать 8% в год на инвестициях, какой следует сделать выбор?
26. Вы только что выиграли в лотерею и будете получать 50 000 долларов в год в течение 20 лет. При какой процентной ставке эти выплаты будут эквивалентны получению 500 000 долларов сегодня?
27. Имеется облигация с купонной выплатой в размере 50 долларов в конце каждого года в течение следующих 30 лет и выплатой номинальной стоимости в размере 1000 долларов через 30 лет. Если денежные потоки дисконтируются по годовой ставке 6%, какая цена за облигацию будет справедливой?
28. Вы взяли ипотечный кредит в размере 100 000 долларов на срок 40 лет с ежемесячными платежами. Годовая процентная ставка составит 16%. Какая сумма будет выплачена за время, на которое выдан кредит? Какую сумму останется выплатить за четыре года до окончания срока кредита?
29. Мне необходимо занять 12 000 долларов. Я могу позволить себе выплаты в размере 500 долларов в месяц, и годовая процентная ставка составит 4,5%. Сколько месяцев потребуется для погашения кредита?
30. Вы собираетесь взять кредит в размере 50 000 долларов на 180 месяцев. Годовая процентная ставка по кредиту зависит от вашего кредитного балла. Напишите формулу зависимости ежемесячных платежей от кредитного балла.
31. Вы намерены взять взаймы 40 000 долларов на новую машину. Требуется определить ежемесячные платежи и итоговые проценты, выплачиваемые в следующих ситуациях:
  - 48-месячный кредит, годовая ставка 6,85%;
  - 60-месячный кредит, годовая ставка 6,59%.

## ГЛАВА 10

# Циклические ссылки

### Обсуждаемые вопросы

- ♦ Я часто получаю в Excel сообщение о циклической ссылке. Означает ли это, что я сделал ошибку?
- ♦ Как разрешить циклические ссылки?

Если в Microsoft Excel 2013 появляется сообщение о циклической ссылке в книге, это означает, что между двумя или более ячейками книги образовался замкнутый контур — петля или зависимость. Например, циклическая ссылка возникает, если значение в ячейке A1 оказывает влияние на значение в ячейке D3, значение в ячейке D3 влияет на значение в ячейке E6, а от значения в ячейке E6 зависит значение в ячейке A1. На рис. 10.1 представлена схема возникновения циклической ссылки.

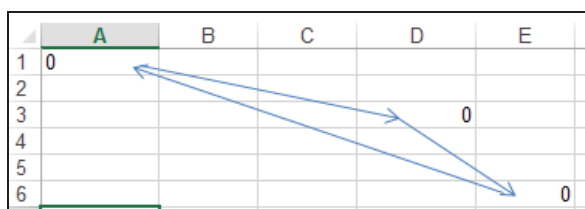


Рис. 10.1. Возникновение циклической ссылки

Как будет показано далее, для использования циклических ссылок в книге следует выбрать на левой панели вкладки **ФАЙЛ** (FILE) команду **Параметры** (Options), а затем выбрать группу параметров **Формулы** (Formulas) и установить флажок **Включить итеративные вычисления** (Enable Iterative Calculation).

## Ответы на вопросы в начале главы

В этом разделе приведены ответы на вопросы, перечисленные в начале главы.

**Я часто получаю в Excel сообщение о циклической ссылке. Означает ли это, что я сделал ошибку?**

Циклическая ссылка обычно образуется на логически непротиворечивом листе, на котором несколько ячеек связаны между собой так, как это показано на рис. 10.1. Рассмотрим элементарный пример, не имеющий простого решения в Excel без создания циклической ссылки.



Небольшая компания с доходом 1500 долларов и издержками 1000 долларов собирается отдать 10% от своей чистой прибыли на благотворительность. Ставка налога составляет 40%. Сколько денег будет отдано на благотворительность? Решение этой задачи представлено в файле Circular.xlsx на листе Sheet1, показанном на рис. 10.2.

	C	D	E	F	G	H
1		благотворительность=10%*после уплаты налогов				
2						
3	доход	\$ 1 500,00				
4	налоговая ставка	0,4				
5	издержки	\$ 1 000,00				
6	благотворительность	0				
7	до уплаты налогов	500				
8	после уплаты налогов	283,01887				

Рис. 10.2. Возникновение циклической ссылки при расчете налогов

Сначала присвоим ячейкам D3:D8 соответствующие имена из ячеек C3:C8. В ячейке D3:D5 введем величину дохода, налоговой ставки и издержек компании. Для расчета величины взноса на благотворительность, равного 10% от прибыли, после уплаты налогов введем формулу `=0,1*после_уплаты_налогов` в ячейку D6. Определим прибыль до уплаты налогов в ячейке D7 путем вычитания издержек и взноса на благотворительность из дохода по формуле `=доход-издержки-благотворительность`. Наконец, вычислим прибыль после уплаты налогов в ячейке D8 по формуле:

`=(1-налоговая_ставка)*до_уплаты_налогов`

В строке состояния появится сообщение о циклической ссылке (в левом нижнем углу файла Circular. xlsx) и ее графическое отображение в ячейке D8 (см. синие стрелки). Что происходит?

1. Величина взноса на благотворительность (ячейка D6) оказывает влияние на величину прибыли до уплаты налогов (ячейка D7).
2. Величина прибыли до уплаты налогов (ячейка D7) влияет на величину прибыли после уплаты налогов (ячейка D8).
3. Величина прибыли после уплаты налогов (ячейка D8) влияет на величину взноса на благотворительность.

Итак, образовался замкнутый контур D6-D7-D8-D6 (указанный стрелками на рис. 10.2), приведший к появлению сообщения о циклической ссылке. Лист является логически непротиворечивым; все было сделано правильно. Тем не менее, величина взноса на благотворительность рассчитана неверно.

### Как разрешить циклические ссылки?

Разрешение циклических ссылок не представляет затруднений. Просто перейдите на вкладку **ФАЙЛ** (FILE) в левой части ленты Excel и выберите команду **Параметры**

ры (Options) для открытия диалогового окна **Параметры Excel** (Excel Options). На левой панели окна выберите группу параметров **Формулы** (Formulas) и затем в разделе **Параметры вычислений** (Calculation Options) установите флажок **Включить итеративные вычисления** (Enable iterative calculation), как показано на рис. 10.3.

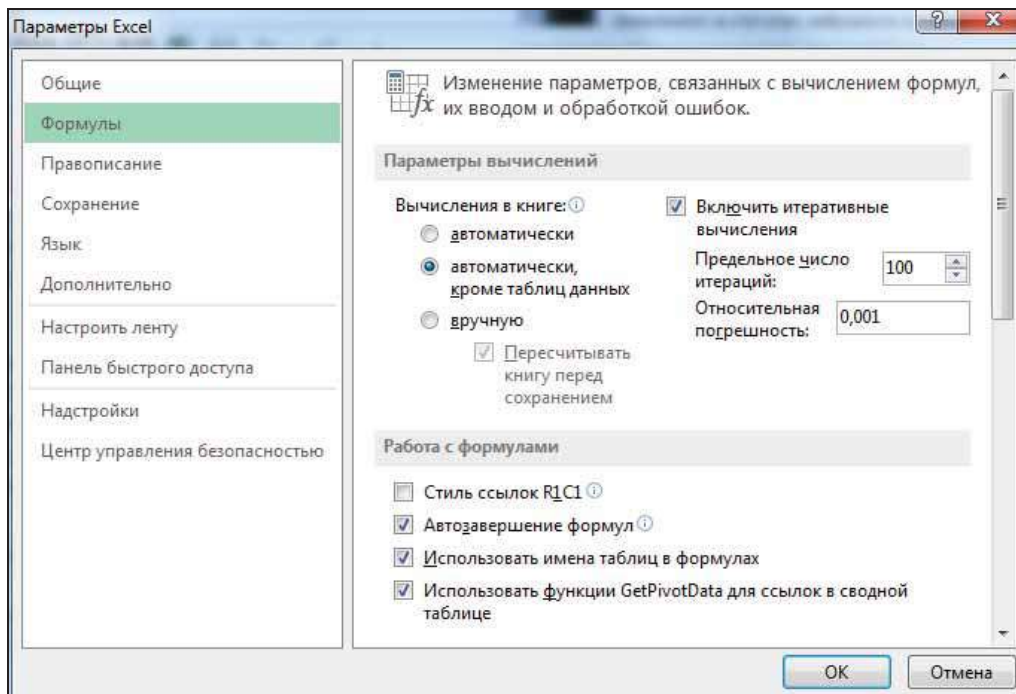


Рис. 10.3. Разрешение циклических ссылок с помощью флажка **Включить итеративные вычисления**

После установки флажка **Включить итеративные вычисления** (Enable iterative calculation) программа Excel распознает порожденную циклической ссылкой систему трех уравнений с тремя неизвестными:

благотворительность=0,1\*(после\_уплаты\_налогов)

до\_уплаты\_налогов=доход-издержки-благотворительность

после\_уплаты\_налогов=(1-налоговая\_ставка)\*(до\_уплаты\_налогов)

Три неизвестными являются **благотворительность**, **до\_уплаты\_налогов** и **после\_уплаты\_налогов**. После установки флажка **Включить итеративные вычисления** (Enable iterative calculation) программа Excel выполняет итерации (опыт работы с циклическими ссылками показывает, что потребуется 100 итераций) для поиска решения всех уравнений, порожденных циклической ссылкой. От итерации к итерации значения неизвестных изменяются согласно математической процедуре (по методу итераций Гаусса–Зейделя). Процесс останавливается, если изменение значения в любой ячейке листа от итерации к итерации меньше, чем значение, указанное в по-

ле **Относительная погрешность** (Maximum Change). По умолчанию оно равно 0,001. При необходимости значение относительной погрешности можно уменьшить, например, до 0,000001. В противном случае, например, возможно присвоение значения 5,001 ячейке, в которой должно находиться значение 5, что может привести к досадным последствиям. Кроме того, для некоторых сложных листов на разрешение циклической ссылки может потребоваться более 100 итераций. Однако в рассматриваемом примере заикливание было разрешено практически мгновенно (см. решение на рис. 10.4).

#### ПРИМЕЧАНИЕ

Взнос на благотворительность в размере 28,30 долларов в точности соответствует 10% от прибыли после уплаты налогов (283,01 доллар). Значения во всех остальных ячейках теперь рассчитываются правильно.

Обратите внимание, что метод итераций в Excel гарантированно работает только при решении системы *линейных* уравнений. В других случаях сходимость итерационного процесса не гарантируется. В примере с налогами разрешение циклических ссылок потребовало решения системы линейных уравнений, так что ответ был найден.

	C	D	E	F	G	H
1		благотворительность=10%*после уплаты налогов				
2						
3	доход	\$ 1 500,00				
4	налоговая ставка	0,4				
5	издержки	\$ 1 000,00				
6	благотворительность	28,301887				
7	до уплаты налогов	471,69811				
8	после уплаты налогов	283,01887				

Рис. 10.4. Разрешение циклической ссылки методом итераций

Вот еще один пример циклической ссылки. В любой формуле Excel можно обратиться по имени к целому столбцу или к целой строке. Например, по формуле =СРЗНАЧ(В:В) рассчитывается средняя величина значений в столбце В. Формула =СРЗНАЧ(1:1) рассчитывает среднюю величину в строке 1. Этот прием удобен при постоянном поступлении в столбец или строку новых данных (например, данных ежемесячных продаж). По этой формуле всегда вычисляется средний объем продаж, и ее не требуется изменять. Проблема заключается в том, что если ввести эту формулу в столбец или строку, на которую она ссылается, то создастся циклическая ссылка. Такие циклические ссылки разрешаются мгновенно путем установки флажка **Включить итеративные вычисления** (Enable iterative calculation).

## Задания

1. Компания получила прибыль 60 000 долларов до выплаты бонусов сотрудникам и уплаты налога штата и федерального налога. Компания выплачивает сотрудникам бонус в размере 5% от прибыли после уплаты налогов. Налог штата составляет 5% от прибыли (после выплаты бонусов). Федеральный налог составляет 40% от прибыли (после выплаты бонусов и уплаты налога штата). Определите суммы, выплаченные в виде бонусов, налога штата и федерального налога.
2. 1 января 2002 г. у меня было 500 долларов. В конце каждого месяца я получаю 2% со своих денег. Каждый месяц проценты берутся от среднего значения балансов на начало и конец месяца. Сколько денег у меня будет через 12 месяцев?
3. Мой самолет летит по следующему маршруту: Хьюстон—Лос-Анджелес—Сиэтл—Миннеаполис—Хьюстон. На каждом этапе путешествия расход топлива (выраженный в милях на галлон) равен  $40 - 0,02x$  (средний расход топлива для маршрута). Здесь средний расход топлива для маршрута равен  $0,5x$  (начальное количество топлива для маршрута + конечное количество топлива для маршрута). Полет начинается в Хьюстоне с 1000 галлонов топлива. Дальность полета на каждом этапе приведена в табл. 10.1.

Таблица 10.1

Этап	Миля
Хьюстон—Лос-Анджелес	1200
Лос-Анджелес—Сиэтл	1100
Сиэтл—Миннеаполис	1500
Миннеаполис—Хьюстон	1400

Сколько галлонов топлива останется по возвращении в Хьюстон?

4. Распространенным методом распределения затрат для непроизводственных подразделений является *метод взаимного распределения затрат*. Этот метод может быть реализован с помощью циклических ссылок. Для примера предположим, что в компании Wingtip Toys имеются два непроизводственных подразделения: бухгалтерия и отдел консалтинга. Кроме того, в компании есть два производственных подразделения: отдел 1 и отдел 2. Компания приняла решение распределить 600 000 долларов затрат бухгалтерии и 116 000 долларов затрат отдела консалтинга между подразделениями компании. В табл. 10.2 указаны соотношения затрат между подразделениями.

Какая часть затрат бухгалтерии и отдела консалтинга должна быть распределена между другими подразделениями компании? Необходимо определить две величины: совокупные затраты, присвоенные бухгалтерии, и совокупные затраты, присвоенные отделу консалтинга. Совокупные затраты, присвоенные бухгалтерии, равны  $\$600\,000 + 0,1x$  (совокупные затраты, присвоенные отделу консалтинга), поскольку 10% всей консалтинговой работы было выполнено для бухгалтерии.

Аналогичное уравнение можно написать для совокупных затрат, присвоенных отделу консалтинга. Теперь вы сможете правильно рассчитать распределение затрат бухгалтерии и отдела консалтинга между другими подразделениями компании.

Таблица 10.2

	Бухгалтерия	Консалтинг	Отдел 1	Отдел 2
Процент бухгалтерской работы, выполненной для других подразделений компании	0	20	30	50
Процент консультационной работы, выполненной для других подразделений компании	10	0	80	10

5. Мы начали год с 200 долларов и в течение года получили еще 100 долларов. Мы также получили в конце года 10% прибыли на основе баланса на начало года. В этом случае мы закончили год с 320 долларов. Определите баланс на конец года, если проценты начисляются в зависимости от среднего значения балансов на начало и конец года.

# Функция *ЕСЛИ*

### Обсуждаемые вопросы

- ◆ При заказе 500 единиц продукции необходимо заплатить 3,00 долларов за единицу продукции. При заказе от 501 до 1200 единиц цена за единицу составляет 2,70 долларов. При заказе от 1201 до 2000 единиц — 2,30 долларов за единицу. При заказе свыше 2000 единиц — 2,00 долларов за единицу продукции. Каким образом можно написать формулу, выражающую затраты на приобретение как функцию количества единиц приобретенного?
- ◆ Я купил 100 акций по цене 55 долларов за акцию. Для хеджирования риска снижения стоимости акций я купил 60 шестимесячных европейских пут-опционов. Каждый опцион имеет цену исполнения 45 долларов и стоит 5 долларов. Как разработать таблицу, в которой указана процентная доходность моего инвестиционного портфеля через шесть месяцев для ряда возможных будущих цен?
- ◆ Многие аналитики фондового рынка считают, что торговые правила для торговли по скользящим средним могут опережать рынок. Рекомендуемое в большинстве случаев торговое правило для торговли по скользящим средним гласит: покупай акцию, когда цена акции превысит средний показатель за последние 15 месяцев, и продавай акцию, когда цена акции упадет ниже среднего показателя за последние 15 месяцев. Как это торговое правило может быть сформулировано для биржевого индекса Standard&Poor's 500 (S&P)?
- ◆ В игре в кости брошены две кости. Если сумма чисел при первом броске равна 2, 3 или 12, вы проиграли. Если сумма чисел при первом броске равна 7 или 11, вы выиграли. Во всех остальных случаях игра продолжается. Как написать формулу, определяющую состояние игры после первого броска?
- ◆ В большинстве гипотетических финансовых отчетов в качестве средства уравнивания активов и обязательств часто применяются денежные средства. Я считаю, что более реалистично использовать в этой роли долгосрочные обязательства. Как настроить гипотетический отчет с долгосрочными обязательствами в качестве средства уравнивания?
- ◆ При копировании формулы с функцией ВПР для определения зарплаты отдельных сотрудников я получаю множество сообщений об ошибке #Н/Д. Затем при расчете средней зарплаты сотрудников я не могу получить числовой ответ из-за ошибки #Н/Д. Можно ли заменить ошибки #Н/Д пустым пространством и рассчитать, таким образом, среднюю зарплату?

- ◆ Лист содержит ежеквартальные доходы компании Wal-Mart. Как вычислить доход за каждый год и внести его в строку, содержащую продажи в первом квартале соответствующего года?
- ◆ Формула с функцией ЕСЛИ может оказаться довольно длинной. Сколько вложенных функций ЕСЛИ можно поместить в ячейку? Каково максимально допустимое количество символов в формуле Excel?

В перечисленных выше ситуациях мало общего (возможно, его вообще нет). Тем не менее, создание модели в Microsoft Excel 2013 для каждой из этих ситуаций требует использования функции ЕСЛИ (IF). Функция ЕСЛИ — вероятно, самая распространенная функция в Excel. С помощью функции ЕСЛИ можно проверять условия для значений и формул, подражая (в какой-то степени) условной логике в языках программирования, таких как C, C++ и Java.

Первым аргументом функции ЕСЛИ является условие, например,  $A1 > 10$ . Если условие истинно, функция возвращает первое значение из двух перечисленных значений; в противном случае возвращается второе значение. Самый простой способ показать мощь и эффективность функций ЕСЛИ — это применить их в ответах на все вопросы данной главы.

## Ответы на вопросы в начале главы

В этом разделе приведены ответы на вопросы, перечисленные в начале главы.

При заказе 500 единиц продукции необходимо заплатить 3,00 долларов за единицу продукции. При заказе от 501 до 1200 единиц цена за единицу составляет 2,70 долларов. При заказе от 1201 до 2000 единиц — 2,30 долларов за единицу. При заказе свыше 2000 единиц — 2,00 долларов за единицу продукции. Каким образом можно написать формулу, выражающую затраты на приобретение как функцию количества единиц приобретенного?

Решение этой задачи можно найти на листе Quantity Discount в файле Ifstatement.xlsx. Этот лист показан на рис. 11.1.

	A	B	C	D
1		объем	оптовая цена	
2	опт1	500	\$ 3,00	цена1
3	опт2	1200	\$ 2,70	цена2
4	опт3	2000	\$ 2,30	цена3
5			\$ 2,00	цена4
6				
7				
8	объем заказа	стоимость заказа	цена за единицу	
9	450	\$ 1 350,00		
10	900	\$ 2 430,00		
11	1450	\$ 3 335,00		
12	2100	\$ 4 200,00		

Рис. 11.1. Моделирование оптовых скидок с помощью функции ЕСЛИ

Пусть в ячейке A9 содержится объем заказа. Стоимость заказа как функцию от объема заказа можно вычислить, реализовав следующую логику:

- ◆ если значение в ячейке A9 меньше или равно 500, стоимость заказа равна  $3 * A9$ ;
- ◆ если значение в ячейке A9 больше или равно 501 и меньше 1200, стоимость заказа равна  $2,70 * A9$ ;
- ◆ если значение в ячейке A9 больше или равно 1201 и меньше 2000, стоимость заказа равна  $2,30 * A9$ ;
- ◆ если значение в ячейке A9 больше 2000, стоимость заказа равна  $2 * A9$ .

Начнем с присвоения имен из ячеек A2:A4 ячейкам B2:B4 и присвоения имен из ячеек D2:D5 ячейкам C2:C5. Затем вышеуказанную логику можно реализовать в ячейке B9 в следующей формуле:

=ЕСЛИ (A9<=опт1; цена1\*A9; ЕСЛИ (A9<=опт2; цена2\*A9; ЕСЛИ (A9<=опт3; цена3\*A9; цена4\*A9) ) )

Для понимания того, как в Excel вычисляется значение по этой формуле, напомним, что функции ЕСЛИ обрабатываются слева направо. Если величина объема заказа меньше или равна 500 (опт1), стоимость определяется как цена1\*A9. Если величина объема заказа больше 500, то проверяется, меньше она или равна 1200. Если это так, то заказано от 501 до 1200 единиц, и стоимость заказа вычисляется как цена2\*A9. Далее, если величина объема заказа больше 1200, проверяется, меньше она или равна 2000. Если это так, то заказано от 1201 до 2000 единиц, и стоимость заказа рассчитывается как цена3\*A9. Наконец, если стоимость до сих пор еще не была вычислена, считается, что она равна цена4\*A9. В каждом случае функция ЕСЛИ возвращает правильную стоимость заказа. Обратите внимание, что в ячейки A10:A12 введены три других объема заказа, и формула расчета стоимости скопирована в ячейки B10:B12. Для любого объема заказа возвращается правильная общая стоимость.

Формула, содержащая несколько функций ЕСЛИ, называется *формулой с вложенными функциями ЕСЛИ*.

**Я купил 100 акций по цене 55 долларов за акцию. Для хеджирования риска снижения стоимости акций я купил 60 шестимесячных европейских пут-опционов. Каждый опцион имеет цену исполнения 45 долларов и стоит 5 долларов. Как разработать таблицу, в которой указана процентная доходность моего инвестиционного портфеля через шесть месяцев для ряда возможных будущих цен?**

Перед тем как приняться за решение задачи, рассмотрим некоторые основные понятия из мира финансов. Европейский пут-опцион означает право (но не обязательство) продать акцию в указанный момент времени в будущем (в данном случае через шесть месяцев) по цене исполнения (в данном случае 45 долларов). Если цена акции через шесть месяцев составит 45 долларов или больше, то опцион не будет иметь внутренней стоимости. Предположим, однако, что цена акции через шесть месяцев будет ниже 45 долларов. Тогда можно получить прибыль, если воспользовавшись опционом на продажу, продать акцию за 45 долларов. Например, если через шесть месяцев акция продается за 37 долларов, можно получить прибыль



45 – 37 = 8 долларов за акцию. Таким образом, пут-опционы защищают от падения цен на акции. В этом случае, если через шесть месяцев цена на акцию опустится ниже 45 долларов, опцион накопит некоторую внутреннюю стоимость. Это смягчает снижение стоимости портфеля при снижении стоимости входящих в него акций. Отметим также, что процентная доходность портфеля (при допущении отсутствия выплат дивидендов по акциям в портфеле) вычисляется путем деления величины изменения стоимости портфеля (*конечная стоимость портфеля – начальная стоимость портфеля*) на начальную стоимость портфеля.

Исходя из этого, рассмотрим, как процентная доходность портфеля, состоящего из 60 пут-опционов и 100 акций, изменится через шесть месяцев в зависимости от изменения цены на акцию от 20 до 65 долларов. Решение находится на листе Hedging в файле Ifstatement.xlsx (рис. 11.2).

Присвойте имена из ячеек A2:A7 ячейкам B2:B7. Начальная стоимость портфеля (100 × 55 + 60 × 5 = 5800 долларов) указана в ячейке B7. Для расчета конечной стоимости опционов скопируйте формулу =ЕСЛИ(A9<цена\_исполнения; цена\_исполнения-A9;0)\*число\_опционов из ячейки B9 в ячейки B10:B18. Если цена акции через шесть месяцев меньше цены исполнения, то стоимость каждого опциона равна *цена исполнения – цена акции через шесть месяцев*. В противном случае через шесть месяцев стоимость каждого опциона будет равна 0 долларов. Для расчета конечной стоимости акций скопируйте формулу =количество\_акций\*A9 из ячейки C9 в ячейки C10:C18. Для расчета процентной доходности хеджированного портфеля скопируйте формулу =(C9+B9)-начальная\_стоимость/начальная\_стоимость из ячейки D9 в ячейки D10:D18. Для расчета процентной доходности портфеля без хеджирования (т. е. без пут-опционов) скопируйте формулу =(C9-число\_акций\*цена\_акции)/(число\_акций\*цена\_акции) из ячейки E9 в ячейки E10:E18.

	A	B	C	D	E
2	число опционов	60			
3	число акций	100			
4	цена исполнения	\$ 45,00			
5	цена акции	\$ 55,00			
6	цена опциона	\$ 5,00			
7	начальная стоимость	\$ 5 800,00			
8	конечная цена акции	конечная стоимость опционов	конечная стоимость акций	процентная доходность с хеджированием	процентная доходность без хеджирования
9	\$ 20,00	\$ 1 500,00	\$ 2 000,00	-39,7%	-63,6%
10	\$ 25,00	\$ 1 200,00	\$ 2 500,00	-36,2%	-54,5%
11	\$ 30,00	\$ 900,00	\$ 3 000,00	-32,8%	-45,5%
12	\$ 35,00	\$ 600,00	\$ 3 500,00	-29,3%	-36,4%
13	\$ 40,00	\$ 300,00	\$ 4 000,00	-25,9%	-27,3%
14	\$ 45,00	\$ -	\$ 4 500,00	-22,4%	-18,2%
15	\$ 50,00	\$ -	\$ 5 000,00	-13,8%	-9,1%
16	\$ 55,00	\$ -	\$ 5 500,00	-5,2%	0,0%
17	\$ 60,00	\$ -	\$ 6 000,00	3,4%	9,1%
18	\$ 65,00	\$ -	\$ 6 500,00	12,1%	18,2%

Рис. 11.2. Пример хеджирования с использованием функции ЕСЛИ

На рис. 11.2 показано, что при цене акции ниже 45 долларов, хеджированный портфель принесет более высокий ожидаемый доход, чем нехеджированный. Отметим также, что если цена акции не уменьшится, более высокий ожидаемый доход принесет нехеджированный портфель. Именно поэтому покупку пут-опционов часто называют *страхованием портфеля*.

**Многие аналитики фондового рынка считают, что торговые правила для торговли по скользящим средним могут опережать рынок. Рекомендуемое в большинстве случаев торговое правило для торговли по скользящим средним гласит: покупай акцию, когда цена акции превысит средний показатель за последние 15 месяцев, и продавай акцию, когда цена акции упадет ниже среднего показателя за последние 15 месяцев. Как это торговое правило может быть сформулировано для биржевого индекса Standard&Poor's 500 (S&P)?**

В этом примере сравнивается эффективность торгового правила для торговли по скользящим средним (в отсутствие транзакционных издержек при покупке и продаже акций) с эффективностью стратегии долгосрочного инвестирования. Сила торгового правила для торговли по скользящим средним заключается в возможности отслеживать тенденции рынка. Правило для торговли по скользящим средним позволяет подниматься на рынке "быков" и продавать акции до того, как на них обрушится рынок "медведей".

Набор данных содержит ежемесячное значение биржевого индекса S&P 500 с января 1871 г. по октябрь 2002 г. Для отслеживания эффективности стратегии торговли по скользящим средним необходимо учитывать каждый месяц следующее:

- ◆ Какова средняя величина индекса S&P 500 за последние 15 месяцев?
- ◆ Находится ли акция во владении в начале каждого месяца?
- ◆ Происходит ли в течение месяца покупка акции?
- ◆ Происходит ли в течение месяца продажа акции?
- ◆ Каков денежный поток за месяц (при продаже акции положительный, при покупке акции отрицательный, иначе нулевой)?

Просмотр листа для решения этой задачи требует многострочной прокрутки. При прокрутке хотелось бы сохранить видимость столбцов A и B, а также заголовков в строке 8. Для этого в файле Matradingrule.xlsx выберите ячейку C9, откройте на ленте вкладку **ВИД (VIEW)** и в группе **Окно (Window)** откройте раскрывающийся список инструмента **Закрепить области (Freeze Panes)**. (См. рис. 11.3.)

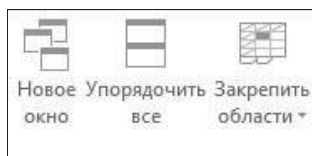


Рис. 11.3. Часть группы Окно

Выберите в этом списке строку **Закрепить области** (Freeze Panes) для сохранения видимости столбцов А и В и строк 6—8 при прокрутке листа. Строка **Закрепить верхнюю строку** (Freeze Top Row) сохраняет видимой верхнюю строку при прокрутке остальной части листа. Например, если видимой верхней строкой является строка 6, то она будет оставаться видимой, независимо от того, насколько далеко будет прокручен лист. Если выбрать в списке строку **Закрепить первый столбец** (Freeze First Column), при прокрутке листа всегда будет виден крайний слева столбец. При выборе в списке строки **Снять закрепление областей** (Unfreeze Panes) происходит возврат к обычному режиму просмотра листа.

Файл *Matradingrule.xlsx* (рис. 11.4) содержит формулы для отслеживания эффективности стратегии торговли по скользящим средним. Для решения этой задачи требуется несколько функций ЕСЛИ и в некоторых случаях логическая функция И (AND). Например, покупка акции в течение месяца происходит тогда и только тогда, когда акция не находится во владении в начале месяца, и цена акции в текущем месяце выше, чем скользящее среднее значение цены акции за 15 месяцев. Первым месяцем, для которого можно вычислить скользящее среднее за 15 месяцев, является апрель 1872 г., так что расчеты можно начинать со строки 24.

	А	В	С	Д	Е	Ф	Г
6		S&P				Прибыль при торговле по скользящим средним	\$1 319,75
7						Прибыль при долгосрочном инвестировании	\$849,45
8	Дата	Цена	Во владении?	Скользящее среднее	Куплена?	Продана?	Денежный поток
22	1872,02	4,88					
23	1872,03	5,04					
24	1872,04	5,18	Да	4,73866667	Нет	Нет	0
25	1872,05	5,18	Да	4,788	Нет	Нет	0
26	1872,06	5,13	Да	4,83333333	Нет	Нет	0
27	1872,07	5,1	Да	4,868	Нет	Нет	0
28	1872,08	5,04	Да	4,892	Нет	Нет	0
29	1872,09	4,95	Да	4,904	Нет	Нет	0
30	1872,1	4,97	Да	4,91266667	Нет	Нет	0
31	1872,11	4,95	Да	4,92866667	Нет	Нет	0
32	1872,12	5,07	Да	4,93933333	Нет	Нет	0
33	1873,01	5,11	Да	4,95466667	Нет	Нет	0
34	1873,02	5,15	Да	4,98933333	Нет	Нет	0
35	1873,03	5,11	Да	5,02333333	Нет	Нет	0
36	1873,04	5,04	Да	5,048	Нет	Да	5,04
37	1873,05	5,05	Нет	5,06	Нет	Нет	0
38	1873,06	4,98	Нет	5,07133333	Нет	Нет	0
39	1873,07	4,97	Нет	5,06733333	Нет	Нет	0
40	1873,08	4,97	Нет	5,05333333	Нет	Нет	0
41	1873,09	4,59	Нет	5,03933333	Нет	Нет	0

Рис. 11.4. Стратегия торговли по скользящим средним превосходит стратегию долгосрочного инвестирования

Предположим, что акция приобретена в апреле 1872 г., поэтому введите да в ячейку C24.

- ◆ Скопируйте формулу =ЕСЛИ (E24="да"; "да"; ЕСЛИ (F24="да"; "нет"; C24) ) из ячейки C25 в ячейки C26:C1590 и определите тем самым, находилась ли акция во владении в начале месяца.

### ПРИМЕЧАНИЕ

Самый простой способ копирования формулы из ячейки C25 в ячейки C26:C1590 состоит в следующем: укажите курсором на правый нижний угол ячейки C25 (курсор выглядит как перекрестие) и затем дважды щелкните левой кнопкой мыши. По двойному щелчку формула копируется во все ячейки столбца со значениями в столбце слева. Этим же трюком можно воспользоваться для копирования формул в несколько столбцов.

- ◆ Скопируйте формулу =СРЗНАЧ (B9:B23) из ячейки D24 в ячейки D25:D1590 для расчета скользящего среднего за 15 месяцев для каждого месяца.
- ◆ Скопировав формулу =ЕСЛИ (И (C24="нет"; B24>D24); "да"; "нет") из ячейки E24 в ячейки E25:E1590, определите тем самым для каждого месяца, была ли акция S&P приобретена в течение месяца. Помните, что акция покупается тогда и только тогда, когда она не находится во владении в начале месяца и текущая стоимость акции S&P выше ее скользящего среднего значения за 15 месяцев. Обратите внимание на функцию И в формуле. Она содержит два условия (допускается более двух условий), разделенных точкой с запятой. Если оба условия выполнены, то функция возвращает значение да; в противном случае она возвращает значение нет. Текст в функции ЕСЛИ необходимо заключить в кавычки (" ").
- ◆ Скопируйте формулу =ЕСЛИ (И (C24="да"; B24<D24); "да"; "нет") из ячейки F24 в ячейки F25:F1590, определив тем самым для каждого месяца, продана ли акция S&P. Акция продается тогда и только тогда, когда она находится во владении в начале месяца и текущая стоимость акции S&P ниже ее скользящего среднего за 15 месяцев. Акция S&P продана впервые в апреле 1873 г.
- ◆ Для любого месяца до октября 2002 г. в случае покупки акции S&P в течение месяца денежный поток эквивалентен стоимости купленной акции S&P со знаком "минус". При продаже акции S&P в течение месяца денежный поток эквивалентен стоимости S&P. Иначе денежный поток равен 0. В октябре 2002 г. акция S&P, если она находилась во владении, продается для получения суммы ее стоимости. Следовательно, копирование формулы =ЕСЛИ (E24="да"; -B24; ЕСЛИ (F24="да"; B24; 0) ) из ячейки G24 в ячейки G25:G1589 даст денежный поток для всех месяцев до октября 2002 г. Формула =ЕСЛИ (C1590="да"; B1590; 0) в ячейке G1590 вычисляет сумму, вырученную от продажи акции, находившейся во владении в начале последнего месяца.
- ◆ В ячейке G6 вычислите общую прибыль от применения стратегии торговли по скользящим средним по формуле =СУММ (G24:G1590). Стратегия торговли по скользящим средним принесла прибыль 13 19,75 долларов.
- ◆ Прибыль от покупки по стратегии долгосрочного инвестирования равна стоимости S&P в октябре 2002 г. минус стоимость S&P в апреле 1872 г. Вычислите

прибыль от применения стратегии долгосрочного инвестирования в ячейке G7 по формуле =B1590-B24.

Как видно из рисунка, прибыль при долгосрочном инвестировании составляет 849,45 долларов, что намного меньше, чем прибыль при использовании правила торговли по скользящим средним. Конечно, это решение не учитывает транзакционные издержки при купле-продаже акций. Если транзакционные издержки велики, они могут свести на нет сверхприбыль от применения стратегии торговли по скользящим средним.

**В игре в кости брошены две кости. Если сумма чисел при первом броске равна 2, 3 или 12, вы проиграли. Если сумма чисел при первом броске равна 7 или 11, вы выиграли. Во всех остальных случаях игра продолжается. Как написать формулу, определяющую состояние игры после первого броска?**

Факт проигрыша в кости, если сумма чисел при первом броске равна 2, 3 или 12, можно смоделировать, объединив функцию ИЛИ с функцией ЕСЛИ. В файле Ifstatement.xlsx на листе Craps в ячейку B5 (рис. 11.5) введите формулу =ЕСЛИ(ИЛИ(A5=2; A5=3; A5=12); "проигрыш"; ЕСЛИ(ИЛИ(A5=7; A5=11); "выигрыш"; "продолжайте")). Затем скопируйте эту формулу из ячейки B5 в ячейки B6:B7. При вводе в ячейку A5 значений 2, 3 или 12 по формуле вычисляется значение проигрыш. При вводе 7 или 11 вычисляется значение выигрыш, при вводе любого другого значения вычисляется значение продолжайте.

	А	В
2	Кости	
3		
4	Бросок	Результат
5		3 проигрыш
6		7 выигрыш
7		9 продолжайте

Рис. 11.5. Моделирование первого броска при игре в кости с помощью функции ЕСЛИ

**В большинстве гипотетических финансовых отчетов в качестве средства уравнивания активов и обязательств часто применяются денежные средства. Я считаю, что более реалистично использовать в этой роли долгосрочные обязательства. Как настроить гипотетический отчет с долгосрочными обязательствами в качестве средства уравнивания?**

Гипотетический отчет в основном является предсказанием финансового будущего компании. Как правило, создается будущий балансовый отчет и отчет о прибылях и убытках компании. Балансовый отчет представляет собой срез активов и финансовых обязательств компании в любой момент времени; отчет о прибылях и убытках содержит данные о финансовом положении компании в любой момент времени. Гипотетические отчеты могут помочь компании определить будущие долгосрочные обязательства; они также являются ключевыми частями моделей, используемых фондовыми аналитиками для определения справедливости оценки акций. В файле Proforma.xlsx для компании сгенерированы свободные денежные потоки на сле-

дующие четыре года. Балансовый отчет представлен на рис. 11.6, а отчет о прибылях и убытках — на рис. 11.7.

В столбце D содержится информация о состоянии компании (в год 0). Основные положения таковы:

- ◆ рост продаж (sales growth, SG) составляет 2% в год;
- ◆ первоначальные продажи составляют 1000 долларов;
- ◆ процентная ставка по долговым обязательствам равна 10%;
- ◆ выплачиваемые дивиденды составляют 5% от чистой прибыли;
- ◆ налоговая ставка равна 53%;
- ◆ себестоимость реализованной продукции (cost of goods sold, COGS) составляет 75% от объема продаж;

	B	C	D	E	F	G	H
3	Рост продаж	SG	0,02		CA/продажи		0,15
4	Первоначальные продажи	IS	1 000,00		CL/продажи		0,07
5	Процентная ставка по долговым обязательствам	IRD	0,10		NFA/продажи		0,60
6	Выплачиваемые дивиденды	DIV	0,05		GFA/продажи		0,90
7	Налоговая ставка	TR	0,53				
8	Себестоимость реализации/продажи	COGS	0,75				
9	Норма амортизации	DEP	0,10				
10	Процентная ставка по ликвидным активам	LAIR	0,09				
11	Балансовый отчет						
12			0,00	1,00	2,00	3,00	4,00
13	Денежные средства и ликвидные ценные бумаги			0,00	0,00	0,00	52,56
14	Текущие активы	CA	150,00	153,00	156,06	159,18	162,36
15	Общая сумма неликвидных активов	GFA	900,00	1 001,33	1 115,29	1 243,29	1 386,93
16	Накопленная амортизация		300,00	400,13	511,66	635,99	774,68
17	Балансовая стоимость основного капитала	NFA	600,00	601,20	603,62	607,30	612,24
18	Совокупные активы		750,00	754,20	759,68	766,48	827,17
19							
20	Текущие обязательства	CL	70,00	71,40	72,83	74,28	75,77
21	Долгосрочные обязательства		180,00	118,96	59,33	1,80	0,00
22	Акционерный капитал		400,00	400,00	400,00	400,00	400,00
23	Нераспределенная прибыль		100,00	163,84	227,52	290,39	351,40
24	Собственный капитал компании		500,00	563,84	627,52	690,39	751,40
25	Общая сумма обязательств		750,00	754,20	759,68	766,48	827,17

Рис. 11.6. Гипотетический балансовый отчет

27	Отчет о прибылях и убытках		0,00	1,00	2,00	3,00	4,00
28	Продажи		1 000,00	1 020,00	1 040,40	1 061,21	1 082,43
29	Себестоимость реализованной продукции		700,00	765,00	780,30	795,91	811,82
30	Амортизационные отчисления			100,13	111,53	124,33	138,69
31	Операционный доход			154,87	148,57	140,97	131,92
32	Доход в виде процентов			0,00	0,00	0,00	4,73
33	Затраты на выплату процентов			11,90	5,93	0,18	0,00
34	Прибыль до уплаты налогов			142,97	142,64	140,79	136,65
35	Налоги			75,77	75,60	74,62	72,42
36	Чистая прибыль			67,20	67,04	66,17	64,22
37							
38	Нераспределенная прибыль на начало периода			100,00	163,84	227,52	290,39
39	Дивиденды			3,36	3,35	3,31	3,21
40	Нераспределенная прибыль на конец периода			163,84	227,52	290,39	351,40

Рис. 11.7. Гипотетический отчет о прибылях и убытках

- ◆ норма амортизации равна 10% от общей суммы неликвидных активов;
- ◆ процентная ставка по ликвидным активам равна 9%;
- ◆ текущие активы составляют 15% от объема продаж;
- ◆ текущие обязательства составляют 7% от объема продаж.

Присвойте имена из диапазона ячеек с3:c10 ячейкам в диапазоне d3:d10. Для каждого года  $t$  основы финансовых вычислений и бухучета подразумевают следующие отношения, реализованные соответствующими формулами.

- ◆ **Формула 11.1.** Объем продаж за год  $(t + 1) = (\text{объем продаж за год } t) \times (1 + SG)$ . Для вычисления объема продаж за каждый год скопируйте формулу  $=D28*(1+SG)$  из ячейки E28 в ячейки F28:H28.
- ◆ **Формула 11.2.** COGS в год  $t = COGS \times (\text{объем продаж за год } t)$ . COGS для каждого года вычислите по формуле  $=COGS*E28$ , скопировав ее из ячейки E29 в ячейки F29:H29.
- ◆ **Формула 11.3.** Если величина активов за год  $t$  больше величины обязательств за год  $t$ , величина долгосрочных обязательств за год  $t$  должна быть установлена равной (совокупные активы за год  $t$  – текущие обязательства за год  $t$  – собственный капитал компании за год  $t$ ). В противном случае величина долгосрочных обязательств за год  $t$  равна 0. Величину долгосрочных обязательств для каждого года можно рассчитать по формуле  $=ЕСЛИ(E18>E20+E24;E18-E20-E24;0)$  в ячейках E21:H21. Если величина совокупных активов за год  $t$  больше чем общая сумма обязательств за год  $t$ , то величина долгосрочных обязательств за год  $t$  должна быть установлена равной (совокупные активы за год  $t$  – текущие обязательства за год  $t$  – собственный капитал компании за год  $t$ ). Так уравниваются или уравновешиваются активы и обязательства. В противном случае величина долгосрочных обязательств за год  $t$  приравнивается 0. В этом случае для уравновешивания активов и обязательств используются суммы в виде денежных средств и ликвидных ценных бумаг за год  $t$ .
- ◆ **Формула 11.4.** Текущие обязательства за год  $t = (CL/\text{продажи}) \times (\text{объем продаж за год } t)$ . Введите в ячейку E20 формулу  $=\$H\$4*E28$ . Для расчета величины текущих обязательств на каждый год скопируйте эту формулу из ячейки E20 в ячейки F20:H20.
- ◆ **Формула 11.5.** Собственный капитал компании за год  $t = \text{акционерный капитал за год } t + \text{нераспределенная прибыль за год } t$ . Для расчета собственного капитала компании скопируйте формулу  $=СУММ(E22:E23)$  из ячейки E24 в ячейки F24:H24.
- ◆ **Формула 11.6.** Если величина долгосрочных обязательств за год  $t$  больше 0, то сумма в виде денежных средств и ликвидных ценных бумаг для года  $t$  устанавливается равной 0. В противном случае эта сумма для года  $t$  равна  $\max\{0; \text{общая сумма обязательств для года } t - \text{текущие активы для года } t - \text{балансовая стоимость основного капитала для года } t\}$ . В ячейках E13:H13 вычислите сумму в виде денежных средств и ликвидных ценных бумаг для каждого года путем копирования формулы  $=ЕСЛИ(E21>0;0;МАКС(0;E25-E14-E17))$  из ячейки E13 в ячейки F13:H13.

Если величина долгосрочных обязательств за год  $t$  больше 0, то необходимость в использовании для уравнивания активов и обязательств денежных средств и ликвидных ценных бумаг для года  $t$  отсутствует. В этом случае установите сумму в виде денежных средств и ликвидных ценных бумаг для года  $t$  равной 0. В противном случае установите эту сумму для года  $t$  равной (общая сумма обязательств для года  $t$  – текущие активы для года  $t$  – балансовая стоимость основного капитала для года  $t$ ). Это сбалансирует активы и обязательства, если активы для года  $t$  (без денежных средств и ликвидных ценных бумаг) меньше обязательств для года  $t$ . Если долгосрочные обязательства не уравнивают активы и обязательства, в качестве средства уравнивания активов и обязательств создаются легкорезализуемые активы.

- ◆ **Формула 11.7.** Затраты на выплату процентов для года  $t =$  (величина долгосрочных обязательств за год  $t$ )  $\times$  IRD. Введите в ячейку E33 формулу =IRD\*E21 для расчета затрат на выплату процентов и скопируйте ее в ячейки F33:H33.
- ◆ **Формула 11.8.** Доход в виде процентов для года  $t =$  (сумма в виде денежных средств и ликвидных ценных бумаг для года  $t$ )  $\times$  LAIR. Вычислите доход в виде процентов путем копирования формулы =LAIR\*E13 из ячейки E32 в ячейки F32:H32.
- ◆ **Формула 11.9.** Операционный доход для года  $t =$  продажи для года  $t$  – себестоимость реализованной продукции для года  $t$  – амортизационные отчисления для года  $t$ . Для расчета операционного дохода скопируйте формулу =E28-E29-E30 из ячейки E31 в ячейки F31:H31.
- ◆ **Формула 11.10.** Дивиденды для года  $t =$  (чистая прибыль для года  $t$ )  $\times$  DIV. Для расчета дивидендов за каждый год скопируйте формулу =E36\*DIV из ячейки E39 в ячейки F39:H39.
- ◆ **Формула 11.11.** Нераспределенная прибыль на начало года  $t + 1 =$  нераспределенная прибыль на конец года  $t$ . Вычислите нераспределенную прибыль на начало каждого года, скопировав формулу =E40 из ячейки F38 в ячейки G38:H38.
- ◆ **Формула 11.12.** Нераспределенная прибыль на конец года  $t =$  нераспределенная прибыль на начало года  $t +$  чистая прибыль за год  $t$  – дивиденды за год  $t$ . Вычислите нераспределенную прибыль на конец каждого года, скопировав формулу =E38+E36-E39 из ячейки E40 в ячейки F40:H40.
- ◆ **Формула 11.13.** Прибыль до уплаты налогов за год  $t =$  операционный доход за год  $t$  – затраты на выплату процентов для года  $t +$  доход в виде процентов для года  $t$ . Вычислите прибыль до уплаты налогов путем копирования формулы =E31-E33+E32 из ячейки E34 в ячейки F34:H34.
- ◆ **Формула 11.14.** Налоги за год  $t =$  (прибыль до уплаты налогов за год  $t$ )  $\times$  TR. Вычислите налоги за каждый год по формуле =TR\*E34, скопировав ее из ячейки E35 в ячейки F35:H35.
- ◆ **Формула 11.15.** Чистая прибыль за год  $t =$  (прибыль до уплаты налогов за год  $t$ ) – (налоги за год  $t$ ). Для вычисления чистой прибыли за каждый год скопируйте формулу =E34-E35 из ячейки E36 в ячейки F36:H36.



- ◆ **Формула 11.16.** Общая сумма неликвидных активов за год  $t =$  балансовая стоимость основного капитала за год  $t +$  накопленная амортизация за год  $t$ . В ячейках E15:H15 вычислите общую сумму неликвидных активов, скопировав в них формулу  $=E17+E16$ .
- ◆ **Формула 11.17.** Амортизационные отчисления за год  $t =$  (балансовая стоимость основного капитала за год  $t$ )  $\times$  DEP. Вычислите амортизационные отчисления за каждый год, скопировав формулу  $=DEP*E15$  из ячейки E30 в ячейки F30:H30.
- ◆ **Формула 11.18.** Накопленная амортизация за год  $t =$  накопленная амортизация за год  $t - 1 +$  амортизационные отчисления за год  $t$ . Вычислите накопленную амортизацию для каждого года по формуле  $=D16+E30$ , скопировав ее из ячейки E16 в ячейки F16:H16.
- ◆ **Формула 11.19.** Балансовая стоимость основного капитала за год  $t =$  общая сумма неликвидных активов за год  $t -$  накопленная амортизация за год  $t$ . В строке 17 для расчета балансовой стоимости основного капитала скопируйте формулу  $=E15-E16$  из ячейки E17 в ячейки F17:H17.
- ◆ **Формула 11.20.** Совокупные активы за год  $t =$  денежные средства и ликвидные активы за год  $t +$  текущие активы за год  $t +$  балансовая стоимость основного капитала за год  $t$ . Сложив ликвидные активы, текущие активы и балансовую стоимость основного капитала, можно вычислить совокупные активы путем копирования формулы  $=СУММ(E13;E14;E17)$  из ячейки E18 в ячейки F18:H18.
- ◆ **Формула 11.21.** Общая сумма обязательств за год  $t =$  текущие обязательства за год  $t +$  долгосрочные обязательства за год  $t +$  собственный капитал компании за год  $t$ . Для вычисления общей суммы обязательств для каждого периода скопируйте формулу  $=СУММ(E20;E21;E24)$  из ячейки E25 в ячейки F25:H25. Для каждого года баланс сойдется благодаря долгосрочным обязательствам и ликвидным активам.

В формулах 11.3 и 11.6 необходимо использовать функцию ЕСЛИ. На этом листе также содержатся циклические ссылки. (Дополнительную информацию о разрешении циклических ссылок см. в главе 10.) Например, циклическая ссылка создается следующими зависимостями:

- ◆ денежные средства для года  $t$  оказывают влияние на совокупные активы для года  $t$ ;
- ◆ совокупные активы для года  $t$  влияют на долгосрочные обязательства для года  $t$ ;
- ◆ долгосрочные обязательства для года  $t$  влияют на денежные средства для года  $t$ .

Для разрешения циклических ссылок следует перейти на вкладку **ФАЙЛ** (FILE), выбрать команду **Параметры** (Options), затем группу параметров **Формулы** (Formulas) и установить флажок **Включить итеративные вычисления** (Enable Iterative Calculations). Как показано в главе 10, после этого циклические ссылки разрешаются автоматически. Обратите внимание, что для каждого года  $t$  совокупные активы в строке 18 равны общей сумме обязательств в строке 25. Этот пример демонстрирует мощь совместной работы функции ЕСЛИ и циклических ссылок.

При копировании формулы с функцией ВПР для определения зарплаты отдельных сотрудников я получаю множество сообщений об ошибке #Н/Д. Затем при расчете средней зарплаты сотрудников я не могу получить числовой ответ из-за ошибок #Н/Д. Можно ли заменить ошибки #Н/Д пустым пространством и рассчитать, таким образом, среднюю зарплату?

Файл Errortrap.xlsx (рис. 11.8) содержит зарплаты и имена пяти сотрудников в диапазоне ячеек D3:E7. В ячейках D11:D15 находится другой список из пяти имен сотрудников; вычислите их зарплаты путем копирования формулы =ВПР(D11;D3:\$E\$7;2;ЛОЖЬ) из ячейки E11 в ячейки E12:E15. К сожалению, в ячейках E13 и E14 появится сообщение об ошибке #Н/Д. Сокращение Н/Д означает, что "значение недоступно". Excel возвращает сообщение об ошибке #Н/Д, если по формуле не может быть вычислен соответствующий результат. Поскольку имена JR и Josh не указаны в списке зарплат, функция ВПР не может вернуть для них значения зарплат. Аналогично, сообщение об ошибке #Н/Д появляется при вычислении средней зарплаты по формуле =СРЗНАЧ(E11:E15) в ячейке E16. Многие вручную заменяют ошибки #Н/Д пробелами для правильного расчета среднего значения с помощью функции СРЗНАЧ, которая игнорирует пробелы. Проще заменить ошибки каким-либо символом (например, пробелом или нулем) с помощью функции ЕСЛИОШИБКА (IFERROR). Синтаксис функции ЕСЛИОШИБКА:

ЕСЛИОШИБКА(значение;значение\_если\_ошибка)

Первым аргументом функции является формула, которую требуется вычислить, второй аргумент — это значение, записываемое в ячейку в случае, если при вычис-

	C	D	E	F	G
2			зарплата		
3		Jane	40		
4		Jack	60		
5		Jill	70		
6		Erica	34		
7		Adam	120		
8					
9					
10		Имя	зарплата	ошибка перехвачена	
11		Erica	34	34	
12		Adam	120	120	
13		JR	#Н/Д		
14		Josh	#Н/Д		
15		Jill	70	70	
16		средняя зарплата	#Н/Д	74,66667	
17					
18	функция		74,66667		
19	СРЗНАЧ				
20	работает!				

Рис. 11.8. Перехват ошибок в формуле с помощью функции ЕСЛИОШИБКА

лении формулы произойдет ошибка. (О других часто возникающих ошибках, таких как #ДЕЛ/0, #ИМЯ?, #ЧИСЛО!, #ССЫЛКА!, #ЗНАЧ!, см. далее в этом разделе.) Таким образом, по формуле =ЕСЛИОШИБКА(ВПР(D11; \$D\$3:\$E3:\$E7; 2; ЛОЖЬ); " "), скопированной из ячейки F11 в ячейки F12:F15, для каждого фактического сотрудника зарплата будет вычислена правильно, а для людей, не являющихся фактическими сотрудниками, в соответствующие ячейки будет записан пробел. Теперь средняя зарплата для всех сотрудников из списка вычисляется по формуле =СРЗНАЧ(F11:F15) правильно.

В Microsoft Excel 2010 и Microsoft Excel 2013 представлена новая функция АГРЕГАТ (AGGREGATE), которая при выполнении вычислений игнорирует строки, содержащие ошибки. Синтаксис функции: АГРЕГАТ(номер\_функции; параметры; массив). Аргумент номер\_функции — это код между 1 и 19, присвоенный функциям в вычислениях. Например, 1 = СРЗНАЧ, а 9 = СУММ. См. полный список доступных функций по ссылке [Справка по этой функции](#) (Help On This Function) в окне **Вставка функции** (Function Wizard). Аргумент параметры указывает типы ячеек, которые должны игнорироваться при вычислении (табл. 11.1). Если значение аргумента параметры равно 6, то игнорируются ячейки, содержащие сообщения об ошибках. Аргумент массив — это диапазон ячеек, используемых в вычислениях. Как показано в ячейке E18, средняя зарплата для перечисленных зарплат рассчитана по формуле =АГРЕГАТ(1; 6; E11:E15) правильно (74,66667).

**Таблица 11.1.** Типы игнорируемых ячеек

Параметр	Содержимое игнорируемых ячеек
0 или опущен	Вложенные функции ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ.ИТОГИ и АГРЕГАТ
1	Скрытые строки и вложенные функции ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ.ИТОГИ и АГРЕГАТ
2	Ошибки и вложенные функции ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ.ИТОГИ и АГРЕГАТ
3	Скрытые строки, ошибки и вложенные функции ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ.ИТОГИ и АГРЕГАТ
4	Нет
5	Скрытые строки
6	Сообщения об ошибках
7	Скрытые строки и сообщения об ошибках

Файл Errortypes.xlsx, показанный на рис. 11.9, содержит примеры сообщений о других часто возникающих ошибках.

- ◆ В ячейке D3 при вычислении формулы =С3/В3 появилось сообщение об ошибке #ДЕЛ/0, поскольку была выполнена попытка деления на 0.
- ◆ В ячейке D6 при вычислении формулы =В6+С6 появилось сообщение об ошибке #ЗНАЧ!, поскольку значение jack имеет тип данных, не соответствующий введенной формуле. (jack — это текст.)

	V	C	D	E	F	G
1	Примеры ошибок					
2						
3	5	0	#ДЕЛ/0!	=С3/Д3		
4						
5						
6	5	jack	#ЗНАЧ!	=b6+c6		
7			#ИМЯ?	=СУММ(sales)		
8			#ЧИСЛО!	=КОРЕНЬ(-1)		
9			#ССЫЛКА!	=СУММ(A1:A3)	удаленный столбец A	

Рис. 11.9. Примеры сообщений Excel об ошибках

- ◆ В ячейке D7 при вычислении формулы =СУММ(Sales) появилось сообщение об ошибке #ИМЯ?, указывающее на то, что имя диапазона Sales, на которое есть ссылка в формуле, не определено.
- ◆ В ячейке D8 в результате вычисления формулы =КОРЕНЬ(-1) появилось сообщение об ошибке #ЧИСЛО!, сигнализирующее о вводе неподходящего аргумента в функцию. Excel выводит это сообщение об ошибке при попытке извлечь квадратный корень из отрицательного числа.
- ◆ В ячейке C9 ввод формулы =СУММ(A1:A3) и последующее удаление столбца A привело к появлению сообщения об ошибке #ССЫЛКА!, поскольку указанные в формуле ячейки (A1:A3) отсутствуют на листе.

Любое из этих сообщений об ошибке можно заменить с помощью функции ЕСЛИОШИБКА каким-либо числом или текстовой строкой.

**Лист содержит ежеквартальные доходы компании Wal-Mart. Как вычислить доход за каждый год и внести его в строку, содержащую продажи в первом квартале соответствующего года?**

В файле Walmartrev.xlsx (или Toyrev.xlsx) содержатся данные о ежеквартальных доходах (в миллионах долларов) компании Wal-Mart (рис. 11.10). В строках 6, 10, 14 и т. д. приведены доходы за первый квартал каждого года. В каждой из этих строк в столбце E должен быть рассчитан суммарный доход за год. В остальных строках ячейки в столбце E должны быть пустыми. Можно ввести в ячейку E6 формулу СУММ(D6:D9) и скопировать ее в ячейки E10, E14, E18 и т. д., но есть другой способ. Объединив функцию ЕСЛИ с двумя функциями Excel СТРОКА (ROW) и ОСТАТ (MOD), можно ввести формулу и затем скопировать ее один раз. Функция СТРОКА(ссылка на ячейку) возвращает номер строки указанной ячейки. Функция =СТРОКА(A6) возвращает значение 6; если текущей является строка 6, функция =СТРОКА() также возвращает значение 6. Функция ОСТАТ(число; делитель) возвращает остаток от деления значения аргумента число на делитель. Например, формула =ОСТАТ(9;4) возвращает 1, а формула =ОСТАТ(6;3) возвращает 0. В этом примере необходимо найти только те строки, номера которых при делении на 4 дают в остатке 2. Следовательно, формула =ЕСЛИ(ОСТАТ(СТРОКА();4)=2;СУММ(D6:D9);" "), скопированная из ячейки E6 в ячейки E7:E57, гарантирует, что доход за текущий год будет добавлен только в строки, номера

	В	С	Д	Е
3	Доходы Wal-Mart			
4				
5	Год	Квартал	Доход	Годовой доход
6	1991	1	9 281	43886,76096
7	1991	2	10 340	
8	1991	3	10 628	
9	1991	4	13 639	
10	1992	1	11 649	55483,59296
11	1992	2	13 028	
12	1992	3	13 684	
13	1992	4	17 122	
14	1993	1	13 920	67344,29593
15	1993	2	16 237	
16	1993	3	16 827	
17	1993	4	20 361	
18	1994	1	17 686	82493,89093
19	1994	2	19 942	
20	1994	3	20 418	
21	1994	4	24 448	
22	1995	1	20 440	93627

Рис. 11.10. Данные о годовом доходе компании Wal-Mart

которых при делении на 4 дают в остатке 2. Это означает, что ежегодный доход будет указан только в первом квартале каждого года, что и требовалось выполнить.

**Формула с функцией ЕСЛИ может оказаться довольно длинной. Сколько вложенных функций ЕСЛИ можно поместить в ячейку? Каково максимально допустимое количество символов в формуле Excel?**

В Microsoft Excel 2013 можно поместить в ячейку до 64 вложенных функций ЕСЛИ. В предыдущих версиях Excel можно было использовать максимум семь вложенных функций ЕСЛИ. В Microsoft Excel 2010 (и Microsoft Excel 2007) ячейка может содержать до 32 000 символов.

## Задания

1. Предположим, что цена продукта будет меняться так, как это показано в табл. 11.2.

Таблица 11.2

Дата	Цена, долларов
До 15 февраля 2004 г. включительно	8
С 16 февраля 2004 г. до 10 апреля 2005 г.	9
С 11 апреля 2005 г. до 15 января 2006 г.	10
С 16 января 2006 г.	11

Напишите формулу, вычисляющую цену продукта по дате его продажи.

2. Самолет компании Blue Yonder Airlines может доставить из Сизтла в Нью-Йорк 250 человек. Авиакомпания продала 270 билетов на рейс по цене 300 долларов за билет. Билеты не подлежат возврату. Переменные затраты на полет одного пассажира (в основном это расходы на продукты питания и топливо) составляют 30 долларов. Если на рейс явится более 250 человек, то всем мест не хватит, и компании Blue Yonder придется выплатить компенсацию за избыточное бронирование по 350 долларов каждому пассажиру, которому не достанется места в самолете. Разработайте таблицу, в которой вычисляется прибыль компании Yonder в зависимости от количества клиентов, явившихся на рейс.
3. Одна ведущая фармацевтическая компания пытается правильно определить мощность завода для производства нового препарата. Затраты на строительство для единицы годовой производительности составляют 10 долларов. Каждая единица препарата продается за 12 долларов, и переменные затраты составляют 2 доллара. Препарат будет продаваться в течение 10 лет. Разработайте таблицу, в которой вычисляется прибыль компании за 10 лет с учетом выбранного уровня годовой производительности и годовой потребности в препарате. Предположим, что потребность в препарате одинакова во все годы. Кроме того, при решении этой задачи можно проигнорировать временную стоимость денег.
4. Фармацевтическая компания производит новый препарат. Компания предполагает следующее:
  - в первый год будет продано 1 100 000 единиц препарата;
  - продажи будут расти в течение трех лет, а затем снижаться в течение семи лет;
  - в период роста продажи будут расти на 15% в год. В период снижения продажи будут падать со скоростью 10% в год.Создайте таблицу, в которой для вычисления объемов продаж с первого по одиннадцатый годы используется объем продаж за первый год, продолжительность периода роста, продолжительность периода спада, темпы роста и темпы спада.
5. Вы принимаете участие в тендере на строительный проект. Проект получит заявку с самой привлекательной ценой. Вы оцениваете стоимость проекта в 10 000 долларов. Вместе с вами в тендере участвуют еще четыре компании. Подготовка заявки стоит 400 долларов. Напишите формулу, вычисляющую вашу прибыль (с учетом вашей ставки и ставок четырех конкурентов).
6. Мы участвуем в аукционе, где выставлена ценная картина. Картину получит тот, кто предложит самую высокую цену. Мы оценили картину в 10 000 долларов. В аукционе участвуют еще четыре компании. Подготовка заявки стоит 400 долларов. Напишите формулу, определяющую, получим ли мы картину (с учетом нашей ставки и ставок четырех конкурентов).
7. Фармацевтическая компания считает, что сможет продать в 2004 г. 10 000 единиц своего нового препарата. Она ожидает выхода на рынок двух конкурентов. В год выхода на рынок первого конкурента компания прогнозирует потерю 30%

от своей доли рынка. В год выхода на рынок второго конкурента компания прогнозирует потерю 15% от своей доли рынка. Рынок растет на 10% в год. Учитывая годы выхода на рынок двух конкурентов, создайте таблицу для вычисления годового объема продаж в 2004—2013 гг.

8. Магазин одежды заказал 100 000 купальников. Производство купальника обходится в 22 доллара. Магазин планирует продавать купальники до 31 августа по цене 40 долларов, а затем снизить цену до 30 долларов. Создайте лист для вычисления прибыли от этого заказа с учетом величины спроса до 31 августа и после 31 августа.
9. Для каждого броска при игре в кости после первого броска правила таковы: если игра не закончилась, и при броске выпало столько очков, сколько при первом броске, вы выиграли. Если игра не закончилась, и выпало 7, вы проиграли. Во всех остальных случаях игра продолжается. Создайте лист, на котором указано положение в игре после четырех бросков (с учетом данных первых четырех бросков).
10. Пусть в примере с куплей-продажей акций S&P по скользящим средним вы по-прежнему покупаете акции, если текущая цена превышает скользящее среднее за 15 месяцев, но продаете, если текущая цена опускается ниже скользящего среднего за 5 месяцев. Является ли эта стратегия более выгодной, чем продажа акции, когда ее текущая цена ниже скользящего среднего за 15 месяцев?
11. Европейский колл-опцион дает право купить акцию в определенный момент времени по цене исполнения. Спрэд "бабочка" включает покупку одного колл-опциона с низкой ценой исполнения, покупку одного колл-опциона с высокой ценой исполнения и продажу двух колл-опционов с одинаковой ценой исполнения между низкой и высокой ценами. Пример спреда "бабочка": текущая цена акции равна 60 долларов. Вы покупаете 54-долларовый шестимесячный европейский колл-опцион за 9 долларов и 66-долларовый шестимесячный европейский колл-опцион за 4 доллара, а продаете два 60-долларовых европейских колл-опциона по цене 6 долларов. Вычислите прибыль (в долларах, а не в процентах) от этой операции как функцию цены за акцию через шесть месяцев в диапазоне от 40 до 80 долларов. Когда трейдер покупает спрэд "бабочка", на какой тип движения цены акции через шесть месяцев он делает ставку?
12. Предположим, что в настоящее время акция продается по цене 32 доллара. Вы покупаете шестимесячный европейский колл-опцион с ценой исполнения 30 долларов за 2,50 доллара и шестимесячный европейский колл-опцион с ценой исполнения 35 долларов за 1 доллар. Вычислите прибыль (в долларах) от применения этой стратегии как функцию цены акции через шесть месяцев в диапазоне от 25 до 45 долларов. Почему такая стратегия называется спрэдом "быков"? Каким образом следует изменить эту стратегию для получения спреда "медведей"?
13. Пересмотрите пример с гипотетическим отчетом. Предположим, что процентная ставка для долгосрочных обязательств зависит от финансового благополучия. Точнее говоря, если величина прибыли до уплаты процентов и налогов

- (ЕВИТ, earnings before interest and taxes) отрицательная, то процентная ставка для долгосрочных обязательств равна 16%. Если затраты на выплату процентов больше 10% от величины ЕВИТ, и величина ЕВИТ положительная, процентная ставка для долгосрочных обязательств равна 13%. Иначе процентная ставка равна 10%. Измените гипотетический отчет с учетом переменной процентной ставки.
14. Выполните это задание независимо от задания 13. Предположим, что вашей фирме необходимо получить величину отношения долгосрочных обязательств к собственному капиталу компании равной 50% для каждого года. Каким образом следует изменить гипотетический отчет? Подсказка: для каждого года необходимо поддерживать величину акционерного капитала неотрицательной и использовать для уравнивания активов и обязательств акционерный капитал, а также денежные средства и ликвидные ценные бумаги.
  15. День Мартина Лютера Кинга приходится на третий понедельник января. Напишите формулу, определяющую (по заданному году) дату Дня Мартина Лютера Кинга<sup>1</sup>. Подсказка: сначала определите день недели для 1 января заданного года.
  16. День благодарения приходится на четвертый четверг ноября. Напишите формулу для определения (по заданному году) даты Дня благодарения. Подсказка: сначала определите день недели для 1 ноября заданного года.
  17. К первому кварталу года относятся месяцы с января по март, ко второму кварталу — месяцы с апреля по июнь, к третьему кварталу — месяцы с июля по сентябрь и к четвертому кварталу — месяцы с октября по декабрь. Напишите формулу, определяющую (для любой заданной даты) квартал года.
  18. Напишите формулу, вычисляющую возраст по дате рождения.
  19. День труда приходится на первый понедельник сентября. Напишите формулу, определяющую дату Дня труда для заданного года.
  20. В файле Nancybonds.xlsx содержится рейтинг для нескольких облигаций в предыдущий и текущий месяцы. Необходимо подсчитать рациональным способом, у скольких облигаций рейтинг понизился. К сожалению, каждая компания представлена в нескольких строках. При условии, что данные отсортированы по названиям компаний, как можно определить количество облигаций с понизившимся рейтингом?
  21. В файле Addresses.xlsx имена людей указаны на одной строке, часть адреса с названием улицы на другой строке, а город, штат и почтовый индекс на следующей строке. Каким образом можно указать информацию о каждом человеке в одной строке?

---

<sup>1</sup> Вы можете использовать и даты национальных праздников, например, День Военно-морского флота отмечается в последнее воскресенье июля, День матери — в последнее воскресенье ноября, День физкультурника — во вторую субботу августа. — *Ред.*



22. В файле `FormattingDDAnum.xlsx` содержится несколько текстовых строк, таких как `DDA`, `D`, `DDA1250045` и т. д. Ячейка является правильно отформатированной, если первыми тремя символами являются `DDA`, а последними семью символами — число не меньше миллиона. Определите, какие ячейки отформатированы должным образом.
23. Пусть число членов первой группы указано в ячейке `B1`, число членов второй группы — в ячейке `B2` и число членов третьей группы — в ячейке `B3`. Всего в группах всегда 100 членов. Предположим, что в первой группе 50 членов, во второй группе 30 членов и в третьей группе 20 членов. Поместите рациональным способом в столбец `D` значение 1 для каждого члена первой группы, значение 2 для каждого члена второй группы и значение 3 для каждого члена третьей группы. Таким образом, в столбце `D` (для указанных данных) должно быть записано: 1 в ячейках `D1:D50`, 2 в ячейках `D51:D80` и 3 в ячейках `D81:D100`.
24. В файле `Dividebyprice.xlsx` содержатся данные о количестве проданных единиц каждого продукта и общая выручка. Необходимо определить среднюю цену для каждого продукта. Следует отметить, что если количество проданных единиц равно 0, то средняя цена отсутствует. Перехватите ошибки в файле `Dividebyprice.xlsx` и удостоверьтесь, что для всех продуктов с нулевым объемом продаж указано сообщение `No Sales`, а не сообщение об ошибке `#ДЕЛ/0!`.
25. В школе изобразительного искусства имеется 100 шкафчиков, пронумерованных от 1 до 100. В настоящее время все шкафчики открыты. Начните закрывать шкафчики, номера которых кратны 3. Затем переключите (т. е. откройте закрытый шкафчик и закройте открытый шкафчик) каждый шкафчик, номер которого кратен 4, потом переключите шкафчики, номера которых кратны 5, ..., и, наконец, переключите все шкафчики, номера которых кратны 100. Сколько шкафчиков теперь открыто?
26. В файле `Matchlist.xlsx` содержится список покупателей, приобретших ваш продукт в феврале, и список покупателей, приобретших его в марте. Определите, сколько клиентов, купивших продукт в феврале, купили его и в марте.
27. Настройте лист календаря, который по указанному месяцу и году вычисляет день недели, на который приходится каждый день месяца.
28. В файле `Problem28data.xlsx` некоторые строки столбца `C` содержат слово `and`. Впишите в столбец `D` формулу, которая записывает `X` в строку столбца `D` тогда и только тогда, когда столбец `C` в этой строке содержит слово `and`.
29. Предположим, что вы подбросили два 20-сторонних кубика. Возможных результатов 400: (1, 1), (1, 2), ..., (20, 20). С помощью функции `ЕСЛИ` сгенерируйте систематически все 400 возможных комбинаций.
30. Для данных в файле `Catsanddogs.xlsx` определите, сколько раз встречается текстовая строка `cat` или `dog`.

# Время и функции времени

### Обсуждаемые вопросы

- ◆ Как можно указать время в Excel?
- ◆ Как можно указать время и дату в одной ячейке?
- ◆ Как в Excel обрабатываются значения времени?
- ◆ Как отобразить на листе текущее время?
- ◆ Как создать значения времени с помощью функции ВРЕМЯ?
- ◆ Как с помощью функции ВРЕМЗНАЧ преобразовать строку из текстового формата в формат времени?
- ◆ Как извлечь часы, минуты и секунды из заданного значения времени?
- ◆ Если задано время начала и окончания работы, как можно определить количество часов, отработанных сотрудником?
- ◆ Я суммирую общее время, отработанное сотрудником, но у меня никогда не получается больше 24 часов. Что я делаю не так?
- ◆ Как создать последовательность равномерно распределенных временных интервалов?

В главе 6 говорилось, что в Microsoft Excel 2013 дате 1 января 1900 г. соответствует десятичное число 1; дате 2 января 1900 г. — десятичное число 2 и т. д. Кроме того, в Excel моментам времени также соответствуют десятичные дроби (доли 24-часового дня). Начальной точкой является полночь, поэтому трем часам ночи (3:00) соответствует десятичное число 0,125, полдню — десятичное число 0,5, а шести часам вечера (18:00) — число 0,75 и т. д. При объединении даты и времени в одной ячейке в формате десятичного числа десятичное число складывается из порядкового номера дня после 1 января 1900 г. плюс десятичная дробь, связанная с указанным временем. Таким образом, дата 01.01.2007 дает в результате (в формате **Общий**) десятичное число 39083, а дата и время 01.01.2007 6:00 — десятичное число 39083,25.

## Ответы на вопросы в начале главы

В этом разделе приведены ответы на вопросы, перечисленные в начале главы.

### Как можно указать время в Excel?

Для указания времени необходимо ввести двоеточие (:) после количества часов и еще одно двоеточие перед количеством секунд. Например, в файле Time.xlsx (рис. 12.1) время 8:30 А.М. в ячейке С2 введено просто как 8:30. В ячейке С3 время 8:30 Р.М. введено как 8:30 РМ. Как показано в ячейке D3, можно также ввести время 8:30 Р.М. в 24-часовом формате как 20:30. В ячейке А4 время введено как 3:10:30 Р.М. Это момент времени через 30 секунд после 3:10 Р.М.

	A	B	C	D	E	F
2	8:30 AM	=ВРЕМЯ(8;30;0)	8:30 AM	8:30		
3	8:30 PM	=время(20;30;0)	8:30 PM	20:30		
4	3:10:30 PM	=ВРЕМЯ(15;10;30)	=ЧАС(A4)	=Минуты(a4)	=СЕКУНДЫ(A4)	
5	1:10:30 AM	=ВРЕМЯ(25;10;30)	15,00	10	30	0,50
6						0,50
7	0,354166667	=ВРЕМЗНАЧ("8:30")				#####
8						-0,50
9			начало	конец		
10		Jane	9:00 PM	6:00 AM		
11		Jack	7:00 AM	3:30 PM		
12		истекшее время				
13		Jane	9,00			01.01.2007 5:35
14		Jack	8,50			
15						
16						
17	Начало	12.05.2006 8:12	12.05.2006 8:12			
18	Конец	10.06.2006 12:30	10.06.2006 7:30			
19		29,18	28,97			

Рис. 12.1. Примеры ввода времени в разных форматах

### Как можно указать время и дату в одной ячейке?

Просто вставьте пробел после даты и введите время. В файле Time.xlsx в ячейку F13 введено значение 01.01.2007 5:35. Разумеется, это 5:35 утра 1 января 2007 г.

### Как в Excel обрабатываются значения времени?

В Excel результат вычислений со значениями времени зависит от формата, используемого в ячейке. Различные форматы времени в Excel показаны на рис. 12.2.

В файле Time.xlsx (см. рис. 12.2) разница между моментами времени 8:30 Р.М. и 8:30 А.М. в ячейках F5 и H5 отображена с помощью формулы =С3-С2. Если формат ячейки не был изменен, то считается, что между этими двумя моментами времени 12 часов, и в ячейке H5 отображается результат 12:00 РМ. В большинстве случаев требуется отобразить эту разницу как 0,5 дня. (Умножив эту разницу во времени

на 24, получим ее значение в часах.) Для получения в ячейке F5 значения 0,5 необходимо присвоить ячейке F5 формат **Числовой** (Number).

В ячейке F7 предпринята попытка вычесть более ранний момент времени из более позднего по формуле =D2-D3. Поскольку ячейке не был присвоен соответствующий формат, в ней отображен вызывающий недоумение результат #####. Если ячейке с формулой присвоить формат **Числовой** (Number), как у ячейки F8, в ней отобразится правильная разница во времени — 0,5 дня.

	C	D	E	F	G	H	I
1					=ТДАТА()	Текущее время	В числовом формате
2	8:30 AM	8:30			28.03.2014 22:47	10:47 PM	0,95
3	8:30 PM	20:30					
4	=ЧАС(A4)	=Минуты(a4)	=СЕКUNДЫ(A4)				
5	15,00	10	30	0,50	=C3-C2	12:00:00	
6				0,50	=d3-d2	12:00	
7				#####	=D2-D3 ПРОБЛЕМА!		
8				-0,50	ПРЕОБРАЗОВАНИЕ В ФОРМАТ ЧИСЛА	OK	

Рис. 12.2. Различные форматы времени в Excel

В ячейках B17 и C17 указано время начала двух проектов, а в ячейках B18 и C18 — время окончания этих проектов (рис. 12.3). Можно вычислить, сколько часов занимает выполнение каждого проекта по формуле =B18-B17, скопировав ее из ячейки B19 в ячейку C19 и присвоив ячейкам формат **Числовой** (Number). Таким образом, первый проект длится 29,18 дня, а второй — 28,97 дня.

	A	B	C
17	Начало	12.05.2006 8:12	12.05.2006 8:12
18	Окончание	10.06.2006 12:30	10.06.2006 7:30
19		29,18	28,97

Рис. 12.3. Определите время, необходимое для завершения проектов

### Как отобразить на листе текущее время?

В Excel дату и текущее время можно получить с помощью функции ТДАТА (Now) по формуле =ТДАТА(). Например, в файле Time.xlsx в ячейке G2 (рис. 12.4) после ввода формулы =ТДАТА() отображается текущая дата и время (на рисунке отображены дата и время создания снимка экрана). Для вычисления текущего времени используйте функции ТДАТА и СЕГОДНЯ (TODAY). Введите в ячейки H2 и I2 формулу =ТДАТА()-СЕГОДНЯ(). Отформатируйте ячейку H2 для показа времени (10:47 PM), а ячейку I2 — для показа десятичного числа (0,95 дня). Это означает, что время 10:47 PM составляет 95% от промежутка времени между полночью одного дня и полночью следующего дня.

	G	H	I	J
1	=ТДАТА()	Текущее время	В числовом формате	
2	28.03.2014 22:47	10:47 PM	0,95	

Рис. 12.4. Функции ТДАТА и СЕГОДНЯ

## Как создать значения времени с помощью функции ВРЕМЯ?

Функция ВРЕМЯ (TIME) имеет следующий синтаксис: ВРЕМЯ (часы;минуты;секунды). По указанным значениям часов, минут и секунд функция ВРЕМЯ возвращает время дня. Функция ВРЕМЯ никогда не возвращает значение, превышающее 24 часа.

В ячейке А2 (см. рис. 12.1) по формуле =ВРЕМЯ(8;30;0) выводится время 8:30 АМ. В ячейке А3 по формуле =ВРЕМЯ(20;30;0) выводится время 8:30 РМ. В ячейке А4 по формуле =ВРЕМЯ(15;10;30) выводится время 3:10:30 РМ. Наконец, обратите внимание, что в ячейке А5 по формуле =ВРЕМЯ(25;10;30) значение 25 обрабатывается как  $25 - 24 = 1$ , и выводится время 1:10:30 АМ.

Если в ячейке не показано число секунд, просто выберите формат **Время (Time)**, который отображает секунды.

## Как с помощью функции ВРЕМЗНАЧ преобразовать строку из текстового формата в формат времени?

Функция ВРЕМЗНАЧ (TIMEVALUE) имеет следующий синтаксис: =ВРЕМЗНАЧ(время\_как\_текст), где время\_как\_текст — текстовая строка значения времени в правильном формате. Функция ВРЕМЗНАЧ возвращает время в формате десятичного числа в интервале от 0 до 1. (Это означает, что функция ВРЕМЗНАЧ игнорирует любую дату в строке время\_как\_текст.) Например, в ячейке А7 (см. рис. 12.1) формула =ВРЕМЗНАЧ("8:30") дает в результате 0,354166667, поскольку 8:30 АМ составляет 35,4% от промежутка времени между полночью одного дня и полночью следующего дня.

## Как извлечь часы, минуты и секунды из заданного значения времени?

В Excel из ячейки, содержащей время, временные единицы извлекаются с помощью соответствующих функций ЧАС (HOUR), МИНУТЫ (MINUTE) и СЕКУНДЫ (SECOND). Например, как показано на рис. 12.1, формула =ЧАС(А4) в ячейке С5 дает в результате 15,0; формула =МИНУТЫ(А4) в ячейке D5 дает в результате 10, а формула =СЕКУНДЫ(А4) в ячейке E5 дает в результате 30.

## Если задано время начала и окончания работы, как можно определить количество часов, отработанных сотрудником?

В ячейках С10:D11 (рис. 12.5) введено время начала и окончания работы Джейн и Джека. Требуется вычислить время, которое работал каждый из них. Проблема заключается в том, что Джейн закончила работу на следующий день после того, как к ней приступила, поэтому простое вычитание не даст фактического количества отработанных ею часов. Правильный результат дает формула =ЕСЛИ(D10>C10;24\*(D10-C10);24+24\*(D10-C10)), скопированная из ячейки С13 в ячейку С14. Этим ячейкам присвоен **Числовой (Number)** формат. Если время окончания *больше* времени начала, то количество отработанных часов равно разности времени начала и времени окончания, умноженной на 24. Если время окончания *меньше* времени начала, то  $24 \times (\text{время\_окончания} - \text{время\_начала})$  дает отрицательное количество часов, тогда порядок наводит добавление 24 часов при условии, что окончание смены

пришлось на следующий день. Таким образом, Джейн отработала 9 часов, а Джек — восемь с половиной часов.

**Я суммирую общее время, отработанное сотрудником, но у меня никогда не получается больше 24 часов. Что я делаю не так?**

В ячейках C31:D35 (рис. 12.6) указано количество часов (в формате ч:мм), отработанное сотрудницей в каждый из дней недели. В ячейке D36 по формуле =СУММ(D31:D35) вычислено общее количество часов, отработанное за неделю. В результате получено 14:48. Очевидно, что это ошибка, но дело не в функции СУММ, а в формате ячейки. В формате ч:мм никогда не отображается значение, превышающее 24 часа. Необходимо выбрать формат (38:48:00), отображающий значения больше 24 часов, как показано в ячейке D38. Тогда суммирование часов, отработанных в каждый из дней недели, дает правильный результат (38 часов 48 минут).

	В	С	Д
9		начало	окончание
10	Джейн	9:00 PM	6:00 AM
11	Джек	7:00 AM	3:30 PM
12	прошедшее время		
13	Джейн	9,00	
14	Джек	8,50	

Рис. 12.5. Вычисление продолжительности рабочего дня сотрудников

	С	Д
30		
31	понедельник	9:23
32	вторник	8:30
33	среда	7:20
34	четверг	9:40
35	пятница	3:55
36	Всего	14:48
37	38 часов 48 минут	
38	отформатировано	38:48:00

Рис. 12.6. Вычисление общего количества отработанных за неделю часов

**Как создать последовательность равномерно распределенных интервалов?**

Предположим, что врач назначает время приема через 20-минутные интервалы с 8 часов утра до 5 часов вечера. Как ввести список возможного времени приема в разные строки? Воспользуйтесь функцией Excel Автозаполнение (AutoFill). (См. рис. 12.7.) Введите в ячейки L15:L16 первые два значения времени (8:00 AM и 8:20 AM). Затем выделите ячейки L15:L16 и двигайте курсор в правый нижний угол ячейки L16 до тех пор, пока курсор не превратится в черный крестик. Перемещайте указатель вниз, пока не увидите значение 5:00 PM (последнее время приема). По содержанию ячеек L15:L16 автоматически (правильно!) было определено, что необходимо указать 20-минутные интервалы. Если ввести в ячейку Понедельник, а в ячейку под ней Вторник, то с помощью функции Автозаполнение можно получить в результате последовательность Понедельник, Вторник, Среда, ..., продолжением которой снова станет Понедельник. Введите 01.01.2007 в одну ячейку, затем 02.01.2007 в другую, выделите обе эти ячейки и с помощью функции Автозаполнение получите последовательность дат 01.01.2007, 02.01.2007, 03.01.2007 и т. д.

	L	
14	интервалы времени	
15		8:00 AM
16		8:20 AM
17		8:40 AM
18		9:00 AM
19		9:20 AM
20		9:40 AM
21		10:00 AM
22		10:20 AM
23		10:40 AM
24		11:00 AM
25		11:20 AM
26		11:40 AM
27		12:00 PM
28		12:20 PM
29		12:40 PM
30		1:00 PM
31		1:20 PM
32		1:40 PM
33		2:00 PM
34		2:20 PM
35		2:40 PM
36		3:00 PM
37		3:20 PM

Рис. 12.7. Ввод последовательности временных интервалов

## Задания

1. Напишите формулу, вычисляющую время через 18 часов после текущего времени.
2. В файле *Marathon.xlsx* содержатся данные о времени прохождения марафонской дистанции четырьмя бегунами. Вычислите среднее время прохождения дистанции спортсменами. Выполните с этими данными еще три задания.
  - Насколько Джон прибежал раньше, чем Джил?
  - Сколько минут бежал каждый спортсмен?
  - Сколько секунд бежал каждый спортсмен?
3. В файле *Jobshop.xlsx* содержатся даты и время начала различных видов работ, а также время, необходимое для выполнения каждого вида работы. Определите время завершения для каждого вида работ.

# Команда *Специальная вставка*

### Обсуждаемые вопросы

- ◆ Как переместить результаты расчетов (но не формулы) в другую часть листа?
- ◆ В столбце имеется список имен. Как поместить список в строку вместо столбца?
- ◆ Я загрузил с сайта в Excel процентные ставки по казначейским векселям США. В полученных данных отображается значение 5, если процентная ставка составляет 5%, значение 8, если процентная ставка составляет 8%, и т. д. Как быстро разделить все результаты на 100, поскольку мне необходимо представить процентную ставку в виде десятичной дроби, например, 5% как 0,05?

На листе Microsoft Excel 2013 можно обрабатывать данные с помощью команды **Специальная вставка** (Paste Special). В этой главе показано, как с помощью данной команды можно выполнить следующие типы операций:

- ◆ вставку в ячейки на различных частях листа только значений (но не формул);
- ◆ транспонирование столбцов данных в строки и наоборот;
- ◆ преобразование диапазона чисел путем выполнения операции сложения, вычитания, деления или умножения между каждым числом в диапазоне и заданной константой.

## Ответы на вопросы в начале главы

---

В этом разделе приведены ответы на вопросы, перечисленные в начале главы.

### Как переместить результаты расчетов (но не формулы) в другую часть листа?

В файле Pastespecial.xlsx на листе Paste Special Value в диапазоне ячеек E4:H9 содержатся имена, количество сыгранных игр, общее количество заработанных очков и среднее количество заработанных очков за игру для пяти баскетболистов 10—11 лет из Блумингтона, штат Индиана. В диапазоне ячеек H5:H9 с помощью данных из ячеек F5:G9 вычислено среднее количество заработанных очков за игру для каждого ребенка (рис. 13.1). Предположим, необходимо скопировать эти данные и вычисленное количество очков за игру — но не формулы, по которым были выполнены вычисления, — в другой диапазон ячеек (например, E13:H18). Просто выделите диапазон E4:H9, нажмите клавиши <Ctrl>+<C> и затем переместите курсор в левую верхнюю ячейку целевого диапазона, в который требуется скопировать данные (в данном примере в ячейку E13). Затем щелкните правой кнопкой мыши, выберите



в контекстном меню **Специальная вставка...** (Paste Special) и введите данные в открывшемся диалоговом окне **Специальная вставка** (Paste Special), как показано на рис. 13.2. После нажатия кнопки **ОК** в диапазоне E13:H18 окажутся данные, но не формулы, из диапазона ячеек E4:H9. Это можно проверить, щелкнув на ячейке H16. Появится значение (7), но не формула, которая использовалась для вычисления среднего количества очков за игру, заработанных Грегори. Учтите, что если при использовании команды **Специальная вставка** (Paste Special) установить переключатель **Вставить** (Paste) в положение **значения** (Values), а затем вставить данные в тот же диапазон, из которого они были скопированы, формулы исчезнут с листа.

	E	F	G	H
4		<b>Игры</b>	<b>Очки</b>	<b>Очки за игру</b>
5	Дэн	4	28	7,00
6	Гейб	4	28	7,00
7	Грегори	5	35	7,00
8	Кристиан	6	22	3,67
9	Макс	6	15	2,50
10				
11				
12				
13		<b>Игры</b>	<b>Очки</b>	<b>Очки за игру</b>
14	Дэн	4	28	7
15	Гейб	4	28	7
16	Грегори	5	35	7
17	Кристиан	6	22	3,666666667
18	Макс	6	15	2,5

Рис. 13.1. Вставка только значений с помощью команды **Специальная вставка**

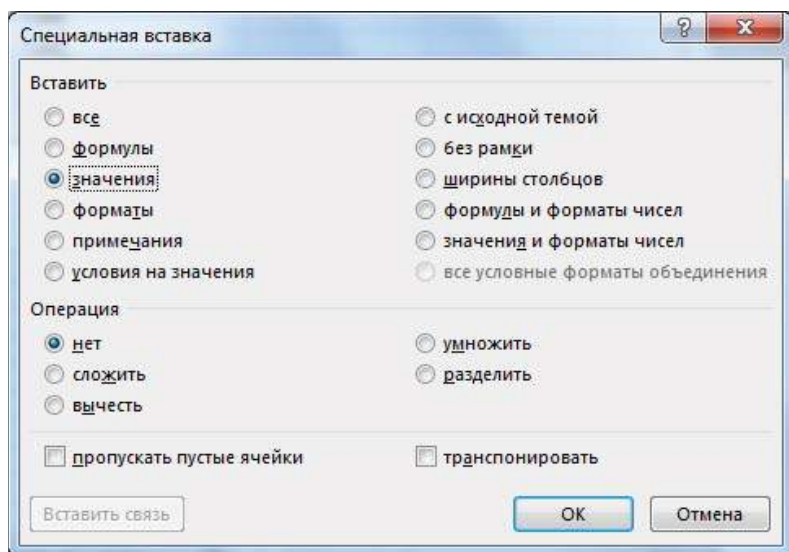


Рис. 13.2. Диалоговое окно **Специальная вставка** с переключателем в положении значения. В этом случае вставляются только значения, но не формулы

### В столбце имеется список имен. Как поместить список в строку вместо столбца?

Для переноса данных из столбца в строку (и наоборот) скопируйте данные (<Ctrl>+<C>) и установите курсор в левую верхнюю ячейку целевого диапазона, как было описано ранее, и затем в диалоговом окне **Специальная вставка** (Paste Special) установите флажок **транспонировать** (Transpose). По существу, транспонирование переворачивает выбранные ячейки таким образом, что первая строка скопированного диапазона становится первым столбцом диапазона, в который вставляются данные, и наоборот. Например, см. в файле Pastespecial.xlsx лист Paste Special Transpose (рис. 13.3).

Пусть требуется перечислить имена игроков в одной строке (начиная с ячейки E13). Выделите диапазон ячеек E5:E9 и затем нажмите клавиши <Ctrl>+<C> для копирования данных. Щелкните правой кнопкой мыши на ячейке E13, выберите в контекстном меню **Специальная вставка** (Paste Special) и в диалоговом окне **Специальная вставка** (Paste Special) установите флажок **транспонировать** (Transpose). После нажатия кнопки **ОК** имена игроков будут перенесены в строку.

	E	F	G	H	I	J
3						
4		Игры	Очки	Очки за игру		
5	Дэн	4	28	7,00		
6	Гейб	4	28	7,00		
7	Грегори	5	35	7,00		
8	Кристиан	6	22	3,67		
9	Макс	6	15	2,50		
10						
11						
12						
13	Дэн	Гейб	Грегори	Кристиан	Макс	
14						
15						
16						
17		Дэн	Гейб	Грегори	Кристиан	Макс
18	Игры	4	4	5	6	6
19	Очки	28	28	35	22	15
20	Очки за игру	7,00	7,00	7,00	3,67	2,50

Рис. 13.3. Транспонирование столбца данных в строку или строки данных в столбец с помощью флажка **транспонировать** в диалоговом окне **Специальная вставка**

Предположим, что теперь необходимо перенести содержимое таблицы из диапазона ячеек E4:H9 в целевой диапазон с началом в ячейке E17. Выделите диапазон E4:H9 и нажмите клавиши <Ctrl>+<C>. Теперь переместите курсор в левый верхний угол диапазона, в который требуется перенести информацию (E17). Щелкните правой кнопкой мыши и в контекстном меню выберите команду **Специальная вставка** (Paste Special), затем в диалоговом окне **Специальная вставка** (Paste Special) установите флажок **транспонировать** (Transpose) и нажмите кнопку **ОК**. Содержимое ячеек E4:H9 транспонируется, как показано на рис. 13.3. Следует отметить, что в

ячейках F20:J20 программа Excel автоматически заменила в формуле расчета среднего количества очков за игру данные из строки данными из столбца для каждого игрока.

#### **ПРИМЕЧАНИЕ**

Если в диалоговом окне **Специальная вставка** (Paste Special) снять флажок **транспонировать** (Transpose) и вместо кнопки **ОК** нажать кнопку **Вставить связь** (Paste Link), данные будут скопированы без транспонирования, но целевые ячейки окажутся связанными с исходными ячейками, и любые изменения в исходных данных будут отражаться в скопированных данных. При замене значения в ячейке F5 на 7, значение в ячейке F18 также изменится на 7, и среднее количество очков, заработанных Дэном за игру, будет пересчитано (4 очка за игру).

**Я загрузил с сайта в Excel процентные ставки по казначейским векселям США. В полученных данных отображается значение 5, если процентная ставка составляет 5%, значение 8, если процентная ставка составляет 8%, и т. д. Как быстро разделить все результаты на 100, поскольку мне необходимо представить процентную ставку в виде десятичной дроби, например, 5% как 0,05?**

В файле Pastespecial.xlsx на листе Paste Special Divide Before (рис. 13.4) содержатся данные годовой ставки процентов, выплаченных по трехмесячным казначейским векселям США, для каждого месяца между январем 1970 г. и февралем 1987 г. В январе 1970 г. годовая ставка по трехмесячным казначейским векселям составляла 8,01%. Предположим, что требуется вычислить заработанный годовой процент на 1 доллар, вложенный по текущей ставке векселей казначейства. Формула для расчета ставки:  $(1 + (\text{годовая ставка})/100)$ . Заработанный процент вычислить проще, если данные в столбце с годовыми процентными ставками разделить на 100.

В диалоговом окне **Специальная вставка** (Paste Special) переключатель **Операция** (Operation), установленный в соответствующее положение, позволяет выполнить операцию сложения, вычитания, умножения или деления между каждым числом в диапазоне и заданным числом, предоставляя тем самым простой способ деления каждой процентной ставки на 100. Здесь требуется разделить на 100 каждое число в столбце D. Для начала введите делитель (100). Его можно ввести в любом месте листа, в данном случае он введен в ячейку F5 (см. рис. 13.4). Выделите ячейку F5, нажмите клавиши <Ctrl>+<C>. Обратите внимание на изменение стиля границы ячейки F5. Выберите диапазон чисел, которые требуется изменить. Для выделения всех данных в столбце D щелкните на ячейке D10, нажмите клавиши <Ctrl>+<Shift> и затем нажмите клавишу <↓>. Эта клавишная комбинация удобна для выбора большого диапазона в столбце. (Для выбора большого диапазона ячеек в строке перейдите в первую ячейку данных, нажмите клавиши <Ctrl>+<Shift> и затем нажмите клавишу <→>.) Далее щелкните правой кнопкой мыши и выберите в контекстном меню команду **Специальная вставка** (Paste Special), затем в диалоговом окне **Специальная вставка** (Paste Special) установите переключатель **Операция** (Operation) в положение **разделить** (Divide), как показано на рис. 13.5.

Нажмите кнопку **ОК**, и все выделенные числа в столбце D будут разделены на 100. Результаты вычисления представлены на рис. 13.6. Если установить переключатель

в положение **сложить** (Add), в ячейке D10 отобразится значение 108,01. Если установить переключатель в положение **вычесть** (Subtract), в D10 отобразится значение -91,99. И наконец, если установить переключатель в положение **умножить** (Multiply), в D10 отобразится 801.

	C	D	E	F
5				100
6				
7				
8				
9	Дата	Процент		
10	1.1970	8,01		
11	2.1970	7,01		
12	3.1970	6,48		
13	4.1970	7,03		
14	5.1970	7,04		
15	6.1970	6,52		
16	7.1970	6,43		
17	8.1970	6,38		
18	9.1970	6,03		
19	10.1970	5,96		
20	11.1970	5,07		
21	12.1970	4,9		
22	1.1971	4,17		
23	2.1971	3,43		
24	3.1971	3,64		
25	4.1971	4,04		
26	5.1971	4,38		

Рис. 13.4. Данные до деления на константу с помощью установки переключателя в диалоговом окне Специальная вставка

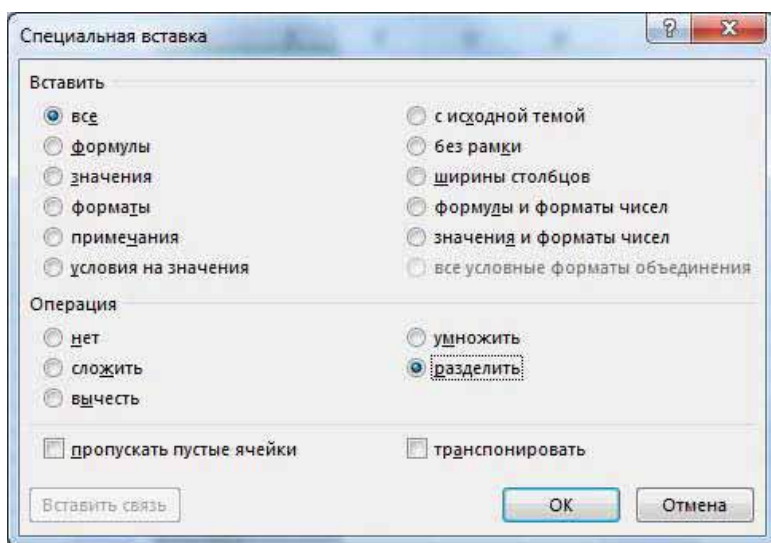


Рис. 13.5. Применение к диапазону ячеек операции из диалогового окна Специальная вставка

	A	B	C	D
9			Дата	Ставка
10			1.1970	0,0801
11			2.1970	0,0701
12			3.1970	0,0648
13			4.1970	0,0703
14			5.1970	0,0704
15			6.1970	0,0652
16			7.1970	0,0643
17			8.1970	0,0638
18			9.1970	0,0603
19			10.1970	0,0596
20			11.1970	0,0507
21			12.1970	0,049
22			1.1971	0,0417
23			2.1971	0,0343
24			3.1971	0,0364
25			4.1971	0,0404
26			5.1971	0,0438

Рис. 13.6. Данные после деления на константу с помощью установки переключателя в диалоговом окне **Специальная вставка**

## Задания

1. В файле *Mavs.xlsx* содержатся статистические данные выдающейся баскетбольной команды Dallas Mavericks за 2002—2003 гг. Имена игроков перечислены в столбце A, статистические категории указаны в строке 3, а статистические результаты представлены в строках 4—20. Перенесите имена всех игроков в одну строку, а все статистические категории в один столбец.
2. Процент попаданий с игры, процент попаданий со штрафных бросков и процент попаданий для трехочковых бросков указан в виде десятичных дробей. Например, у Стива Нэша (Steve Nash) процент попаданий со штрафных бросков равен 91,9%, и на листе указано 0,919. Замените на листе все значения для процентов попаданий числами от 1 до 100.
3. В файле *Productpaste.xlsx* содержатся данные о квартальных продажах четырех продуктов. Скопируйте эти данные в другой диапазон и расположите данные о продажах по горизонтали, а не по вертикали. Свяжите скопированные данные с исходными данными таким образом, что изменение данных в строках 5—8 отражалось бы на расчете данных годовых продаж.
4. В файле *Productsalespaste.xlsx* содержатся данные о продажах продуктов X, Y и Z (в тысячах единиц). Преобразуйте эти данные в данные о продажах в фактических единицах. Подсказка: помните, что для выбора несмежных ячеек можно использовать клавишу <Ctrl> (как было объяснено в главе 1).

# Трехмерные формулы

### Обсуждаемый вопрос

- ◆ Существует ли простой способ создания многостраничной книги, в которой все листы имеют одинаковую структуру? Можно ли создать формулы со ссылками на ячейки, расположенные на разных листах?

Во многих бизнес-ситуациях требуется создать книги, все листы которых имеют сходный формат или структуру. Далее приведена пара примеров таких ситуаций.

- ◆ Компании необходимо отследить объемы своих продаж во всех регионах страны на отдельных листах, а затем вычислить общий объем продаж на сводном листе.
- ◆ Компании необходимо отследить объемы своих продаж за каждый месяц на отдельном листе, а затем подвести итоги на данный год на сводном листе.

В этой главе рассмотрен способ создания книг с отдельными листами, имеющими сходную структуру. Здесь также обсуждаются трехмерные формулы, позволяющие выполнять расчеты с ячейками, находящимися на нескольких листах.

### Ответ на вопрос в начале главы

---

В этом разделе приведен ответ на вопрос в начале главы.

**Существует ли простой способ создания многостраничной книги, в которой все листы имеют одинаковую структуру? Можно ли создать формулы со ссылками на ячейки, расположенные на разных листах?**

Пусть требуется создать книгу с отдельными листами для отслеживания продаж в разных регионах США (восток, юг, средний запад и запад). Кроме того, необходимо вычислить общий объем продаж на сводном листе. На каждом листе должна отслеживаться цена продукта, себестоимость единицы продукции и количество проданных единиц продукции, а также постоянные затраты и прибыль. На сводном листе должна отслеживаться общая прибыль и количество проданных единиц продукции. Региональные листы должны выглядеть так, как на рис. 14.1.

Для создания такой структуры введите на листе для региона Восток цену продукта в ячейку C3, себестоимость единицы продукции в ячейку C4, количество проданных единиц продукции в ячейку C5 и постоянные затраты в ячейку C6. Затем в ячейке C7 вычислите прибыль по региону Восток по формуле  $=(C3-C4)*C5-C6$ . Теперь требуется создать такую же структуру на листах для других регионов. Оказывается, можно

ввести заголовки и формулу в ячейки только на одном листе, а затем Excel автоматически скопирует их на листы для других регионов.

Сначала откройте пустую книгу, содержащую по умолчанию один лист. Щелкнув на значке **Новый лист** (Insert Worksheet) справа от последнего из названных листов (или нажав клавиши <Shift>+<F11>), вставьте еще четыре новых листа (всего в книге должно получиться пять листов). Назовите четыре первых листа Восток, Юг, Средний Запад и Запад. Последний лист назовите Сводка. Общий объем продаж будет подсчитан на листе Сводка. (Кстати, если на вкладке **ФАЙЛ** (FILE) выбрать команду **Параметры** (Options), то в группе **Общие** (General) можно изменить число листов, включаемых в книгу по умолчанию.)

	А	В	С
1	Восток		
2			
3		Цена	10
4		Себестоимость	5
5		Продано	35
6		Постоянные затраты	100
7		Прибыль	75

Рис. 14.1. Объемы продаж на востоке

Для ввода информации по всем регионам выберите первый лист (Восток); удерживая клавишу <Shift>, выберите лист последнего региона (Запад). Теперь все, что вводится на листе Восток, дублируется на листах для остальных регионов. Введите Цена в ячейку В3, Себестоимость в ячейку В4, Продано в ячейку В5, Постоянные затраты в ячейку В6 и Прибыль в ячейку В7. Наконец, введите формулу  $= (C3 - C4) * C5 - C6$  в ячейку С7. Затем для завершения процедуры ввода данных щелкните на имени листа последнего региона. На листах для всех регионов отображаются одинаковые заголовки в столбце В и правильная формула вычисления прибыли в ячейке С7.

Теперь все готово для расчета общего количества проданных единиц продукции и суммы общей прибыли с помощью трехмерной формулы. Количество проданных единиц указывается в ячейке С5. Напомним, что для каждого региона количество проданных единиц указывается в ячейке С5. На листе Сводка, на котором требуется вычислить общее количество проданных единиц продукции, установите курсор на ячейку С5. Начните вводить формулу  $=СУММ($  и затем переместите курсор на первую ячейку, значение в которой требуется включить в итоги (ячейка С5 на листе Восток). Далее, удерживая клавишу <Shift>, щелкните на имени последнего листа, данные с которого включаются в итоги (в данном случае это лист Запад). Наконец, введите в строке формул закрывающую скобку, и в ячейке С5 листа Сводка появится формула  $=СУММ(восток:запад!C5)$ . Эта формула представляет собой пример трехмерной формулы. Большая часть формул Excel оперирует в двух измерениях (строки и столбцы). Трехмерная формула действует в трех измерениях: сквозь листы. По этой формуле суммируются значения из ячеек С5 на всех листах, начиная с листа Восток и заканчивая листом Запад. При необходимости можно просто ввести эту формулу в ячейку С5

	A	B	C
1	Сводка		
2			
3			
4			
5		Общее количество проданных единиц продукции	150
6			
7		Сумма общей прибыли	350

Рис. 14.2. Суммирование количества проданных единиц продукции и общей прибыли

листа *Сводка*. Теперь для получения суммы общей прибыли скопируйте эту формулу и вставьте ее в ячейку *C7* листа *Сводка* (рис. 14.2).

В *главе 22* описан способ получения суммарных данных по данным на разных листах с помощью функции *ДВССЫЛ* (*INDIRECT*). Позже будут рассмотрены еще четыре метода подведения итогов по данным на нескольких листах или в нескольких книгах.

- ◆ Сводные таблицы (*см. главу 43*).
- ◆ Консолидация данных (*см. главу 52*).
- ◆ Модель данных (*см. главу 44*).
- ◆ *PowerPivot* (*см. главу 45*).

## Задания

Представьте, что вы владеете шестью кафе. Выручка и количество клиентов для каждого кафе представлены в табл. 14.1.

Таблица 14.1

Кафе	Выручка, долларов	Количество клиентов
1	8000	1950
2	7000	1800
3	9000	2200
4	8400	2000
5	5900	1400
6	10 100	2500

Создайте книгу для ввода суммы выручки и количества клиентов по каждому кафе, а также сводный лист (с помощью трехмерных формул), на котором вычисляются общая выручка за неделю и общее количество клиентов.





# Инструменты проверки зависимостей и надстройка *Inquire*

### Обсуждаемые вопросы

- ◆ Я только что получил лист с пятью тысячами строк, на котором вычисляется чистая приведенная стоимость (ЧПС) нового автомобиля. На этом листе мой финансовый аналитик указал предположение о годовом проценте роста цены продукта. На какие ячейки влияет это предположение?
- ◆ Мне кажется, что мой финансовый аналитик сделал ошибку в расчете прибыли до уплаты налогов за первый год. Какие ячейки на модели листа использовались в этом расчете?
- ◆ Как инструменты проверки зависимостей работают с данными на нескольких листах или в нескольких книгах?
- ◆ Что представляет собой надстройка **Inquire** (Запрос) и как можно ее установить?
- ◆ Какую информацию о книге показывает надстройка **Inquire** (Запрос)?
- ◆ Как с помощью надстройки **Inquire** (Запрос) сравнить книги?
- ◆ Как с помощью надстройки **Inquire** (Запрос) просмотреть связи между ячейками в формулах?
- ◆ Как с помощью надстройки **Inquire** (Запрос) просмотреть связи между листами?

Встретив слово "структура", часто вспоминают инфраструктуру зданий. Структура модели листа имеет отношение к способу, каким входные предположения (данные, например, объем, цена и себестоимость единицы продукции) используются в расчете представляющих интерес результатов, таких как ЧПС, прибыль или стоимость. В Microsoft Excel 2013 инструмент проверки зависимостей предоставляет простой способ документирования структуры листа или книги, что упрощает понимание логики, лежащей в основе сложных моделей. Для просмотра возможностей инструментов проверки зависимостей в Excel перейдите на вкладку **ФОРМУЛЫ** (FORMULAS) ленты Excel и откройте группу **Зависимости формул** (Formula Auditing). (См. рис. 15.1.)

В данной главе детально рассматриваются инструменты **Влияющие ячейки** (Trace Precedents), **Зависимые ячейки** (Trace Dependents) и **Убрать стрелки** (Remove Arrows). Здесь же приводится краткое описание других инструментов группы **Зависимости формул** (Formula Auditing). Инструмент **Вычислить формулу** (Evaluate Formula) подробно рассмотрен в *главе 21*.

Значок **Показать формулы** (Show Formulas), представленный на рис. 15.1, служит переключателем между режимом просмотра в ячейках формул и режимом про-

смотря значений, полученных в результате вычисления этих формул. Переключиться между режимом просмотра формул и режимом просмотра результатов можно также нажатием клавиш <Ctrl>+<'. Кроме того, формулы можно просмотреть в сводной таблице с помощью новой функции Microsoft Excel 2013 — Ф.ТЕКСТ (FORMULATEXT). В файле ISFORMULA\_TEXT.xlsx (рис. 15.2) показано применение этой функции.

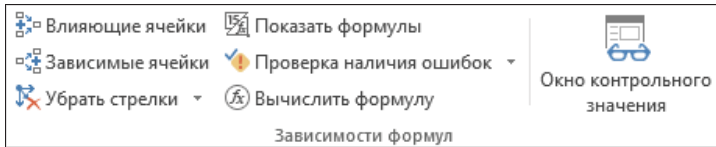


Рис. 15.1. Инструментальная панель Зависимости формул

	A	B	C	D	E
1					
2					
3	x	y	В столбце A формула?	В столбце B формула?	Формула как текст
4	1	5	ЛОЖЬ	ИСТИНА	=5*A4
5	2	10	ЛОЖЬ	ИСТИНА	=5*A5
6	3	15	ЛОЖЬ	ИСТИНА	=5*A6

Рис. 15.2. Применение функций ЕФОРМУЛА и Ф.ТЕКСТ

В столбец A введены числа 1, 2 и 3, а в столбце B они умножены на 5. После копирования формулы =Ф.ТЕКСТ(B4) из ячейки E4 в ячейки E5:E6 в столбце E появятся формулы из столбца B.

В столбцах C и D показано применение еще одной новой функции Microsoft Excel 2013 — ЕФОРМУЛА (ISFORMULA). Эта функция возвращает значение ИСТИНА, если ячейка содержит формулу, и ЛОЖЬ в противном случае. После копирования формулы =ЕФОРМУЛА(A4) из ячейки C4 в ячейки C4:D6 становится понятно, что в столбце B содержатся формулы, а в столбце A их нет.

С помощью инструмента **Проверка наличия ошибок** (Error Checking), показанного на рис. 15.1, лист проверяется на наличие ошибок, и по имеющимся ошибкам выдается подсказка. Для иллюстрации возможностей Excel по перехвату ошибок рассмотрим еще раз файл Errortrap.xlsx из главы 11 (рис. 15.3).

При нажатии на стрелку раскрывающегося списка появляются три инструмента: **Проверка наличия ошибок** (Error Checking), **Источник ошибки** (Trace Errors) и **Циклические ссылки** (Circular References). Эта книга не содержит циклических ссылок, поэтому инструмент **Циклические ссылки** (Circular References) недоступен. Если книга содержит какие-либо циклические ссылки, этот инструмент тоже будет выделен. Выберите инструмент **Проверка наличия ошибок** (Error Checking) для запуска процесса поиска ошибок. После того как первая ошибка будет найдена

в ячейке E13, откроется диалоговое окно, показанное на рис. 15.4. Для получения дополнительной информации об ошибке нажмите кнопку **Справка по этой ошибке** (Help On This Error). Кнопка **Показать этапы вычисления** (Show Calculation Steps) позволяет произвести вычисления по формуле пошагово. Нажатие кнопки **Пропустить ошибку** (Ignore Error) закрывает диалоговое окно. Кнопка **Изменить в строке формул** (Edit In Formula Bar) предназначена для редактирования формулы. При нажатии кнопки **Назад** (Previous) происходит возврат к предыдущей найденной ошибке, а при нажатии кнопки **Далее** (Next) — переход в диалоговое окно следующей ошибки.

	C	D	E	F	G
2			зарплата		
3		Jane	40		
4		Jack	60		
5		Jill	70		
6		Erica	34		
7		Adam	120		
8					
9					
10		Имя	зарплата	ошибка перехвачена	
11		Erica	34	34	
12		Adam	120	120	
13		JR	#Н/Д		
14		Josh	#Н/Д		
15		Jill	70	70	
16		средняя зарплата	#Н/Д	74,66667	

Рис. 15.3. Применение инструментов Проверка наличия ошибок и Источник ошибки

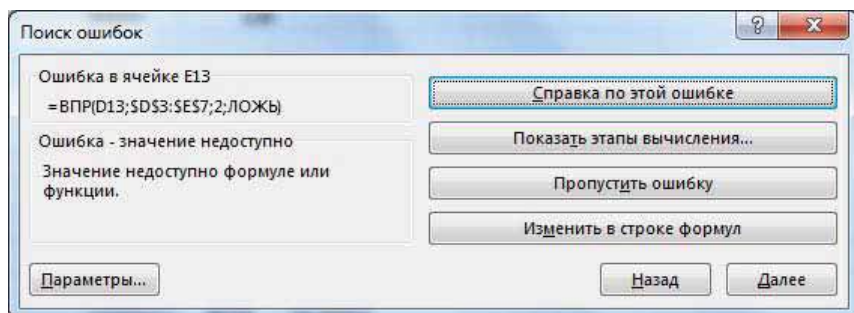


Рис. 15.4. Диалоговое окно Поиск ошибок

Если при выборе из раскрывающегося списка инструмента **Источник ошибки** (Trace Errors) активная ячейка содержит ошибку, ячейки, необходимые для расчета в активной ячейке, обозначаются синими стрелками или синим прямоугольником. Например, на рис. 15.3 для расчета в ячейке E13 необходимы ячейка D13 и диапазон ячеек D3:E7. (В ячейке E13 содержится сообщение об ошибке #Н/Д.)

При использовании инструмента **Окно контрольного значения** (Watch Window) можно выделить ячейку или ячейки и затем независимо от местонахождения в книге следить за изменением значений в выбранных ячейках. Например, в диалоговом окне **Окно контрольного значения** (Watch Window) можно выбрать инструмент **Добавить контрольное значение** (Add Watch) и добавить формулу (скажем, в ячейку C3 на листе Лист1). Теперь даже если вы будете работать в другой книге, в диалоговом окне **Окно контрольного значения** можно будет следить за изменением значения в ячейке C3 на листе Лист1.

Кнопки **Влияющие ячейки** (Trace Precedents) и **Зависимые ячейки** (Trace Dependents) являются инструментами поиска и просмотра влияний и зависимостей для ячеек или формул на листе. *Влияющей* является любая ячейка, значение в которой необходимо для расчета значения выделенной формулы. Например, при анализе прямой почтовой рассылки можно сделать предположение о числе отправленных писем и доле ответивших на рассылку. Затем можно вычислить общее число ответов как (доля\_ответивших\_на\_рассылку × число\_отправленных\_писем). В этом случае доля\_ответивших\_на\_рассылку и число\_отправленных\_писем оказывают влияние на ячейку, содержащую формулу расчета общего числа ответов. *Зависимой* является любая ячейка, содержащая формулу, значение которой не может быть вычислено, если неизвестно значение выделенной ячейки. В предыдущем примере ячейка, содержащая общее число ответов, является зависимой от ячейки, содержащей значение доли ответивших на рассылку. При использовании этих инструментов проверки зависимостей Excel автоматически помечает влияющие и зависимые ячейки синими стрелками. Инструмент **Убрать стрелки** (Remove Arrows) удаляет стрелки.

Давайте применим инструменты проверки зависимостей к решению некоторых практических задач.

## Ответы на вопросы в начале главы

---

В этом разделе приведены ответы на вопросы, перечисленные в начале главы.

**Я только что получил лист с пятью тысячами строк, на котором вычисляется чистая приведенная стоимость (ЧПС) нового автомобиля. На этом листе мой финансовый аналитик указал предположение о годовом проценте роста цены продукта. Каких ячеек на листе касается это предположение?**

В файле NPVAudit.xlsx на рабочем листе Original Model содержится расчет ЧПС на основе прибыли после уплаты налогов для нового автомобиля, который, как ожидается, поступит от производителя через пять лет (рис. 15.5). Цена и себестоимость указаны в тысячах долларов. Значения параметров, принятые для анализа, представлены в ячейках C1:C8 (с соответствующими именами в ячейках B1:B8). Предположим, что цена продукта растет на 3% в год. Какие ячейки на рабочем листе зависят от этого предположения?

Для ответа на этот вопрос выделите ячейку C8 (ячейку с предположением о трехпроцентном росте цены) и затем на вкладке **ФОРМУЛЫ** (FORMULAS) в группе

**Зависимости формул** (Formula Auditing) нажмите кнопку **Зависимые ячейки** (Trace Dependents). Появится набор стрелок (рис. 15.6), указывающий на ячейки, непосредственно зависящие от ячейки с8. Обратите внимание, что до вызова инструментов **Зависимые ячейки** (Trace Dependents) и **Влияющие ячейки** (Trace Precedents) (см. далее) необходимо развернуть всю ленту для правильной работы этих инструментов. Сворачивать и разворачивать ленту со всеми группами инструментов можно с помощью комбинации клавиш <Ctrl>+<F1>.

	A	B	C	D	E	F
1		ставка_налога	0,4			
2		продажи_год1	10000			
3		рост_продаж	0,1			
4		цена_год1	\$ 9,00			
5		себестоимость_год1	\$ 6,00			
6		процентная ставка	0,15			
7		рост_себестоимости	0,05			
8		рост_цены	0,03			
9	Год	1	2	3	4	5
10	продано единиц	10000	11000	12100	13310	14641
11	цена единицы	\$ 9,00	\$ 9,27	\$ 9,55	\$ 9,83	\$ 10,13
12	себестоимость единиц	\$ 6,00	\$ 6,30	\$ 6,62	\$ 6,95	\$ 7,29
13	выручка	\$ 90 000,00	\$ 101 970,00	\$ 115 532,01	\$ 130 897,77	\$ 148 307,17
14	затраты	\$ 60 000,00	\$ 69 300,00	\$ 80 041,50	\$ 92 447,93	\$ 106 777,36
15	прибыль до уплаты налогов	\$ 30 000,00	\$ 32 670,00	\$ 35 490,51	\$ 38 449,83	\$ 41 529,81
16	налоги	\$ 12 000,00	\$ 13 068,00	\$ 14 196,20	\$ 15 379,93	\$ 16 611,92
17	прибыль после уплаты налогов	\$ 18 000,00	\$ 19 602,00	\$ 21 294,31	\$ 23 069,90	\$ 24 917,89
18						
19	ЧПС	\$70 054,34				

Рис. 15.5. Использование инструментов проверки зависимости для отслеживания формул в сложных таблицах

При однократном нажатии на кнопку **Зависимые ячейки** (Trace Dependents) стрелки указывают на ячейки, непосредственно зависящие от предположения о росте цены. На рис. 15.6 показано, что от этого предположения непосредственно зависит только цена единицы продукции в годы со второго по пятый. При многократном нажатии кнопки **Зависимые ячейки** (Trace Dependents) стрелками будут отмечены все формулы, в которых для расчета требуется значение ежегодного роста цены (рис. 15.7).

Предположение о росте цены влияет не только на цену единицы продукции в годы со второго по пятый, но также на выручку в годы со второго по пятый, прибыль до уплаты налогов, сумму налогов, прибыль после уплаты налогов и ЧПС. Стрелки можно удалить с помощью инструмента **Убрать стрелки** (Remove Arrows).

При нажатии комбинации клавиш <Ctrl>+<]> синим цветом отмечаются все ячейки, непосредственно зависящие от активной ячейки; при нажатии клавиш <Ctrl>+<Shift>+<]> синим цветом отмечаются все ячейки, зависящие от активной ячейки.

	A	B	C	D	E	F
1		ставка_налога	0,4			
2		продажи_год1	10000			
3		рост_продаж	0,1			
4		цена_год1	\$ 9,00			
5		себестоимость_год1	\$ 6,00			
6		процентная ставка	0,15			
7		рост_себестоимости	0,05			
8		рост_цены	0,03			
9	Год		1	2	3	4
10	продано единиц	10000	11000	12100	13310	14641
11	цена единицы	\$ 9,00	\$ 9,27	\$ 9,55	\$ 9,83	\$ 10,13
12	себестоимость					
13	единицы	\$ 6,00	\$ 6,30	\$ 6,62	\$ 6,95	\$ 7,29
14	выручка	\$ 90 000,00	\$ 101 970,00	\$ 115 532,01	\$ 130 897,77	\$ 148 307,17
15	затраты	\$ 60 000,00	\$ 69 300,00	\$ 80 041,50	\$ 92 447,93	\$ 106 777,36
16	прибыль до					
17	уплаты налогов	\$ 30 000,00	\$ 32 670,00	\$ 35 490,51	\$ 38 449,83	\$ 41 529,81
18	налоги	\$ 12 000,00	\$ 13 068,00	\$ 14 196,20	\$ 15 379,93	\$ 16 611,92
19	прибыль после	\$ 18 000,00	\$ 19 602,00	\$ 21 294,31	\$ 23 069,90	\$ 24 917,89
20	уплаты налогов					
21	ЧПС	\$70 054,34				

Рис. 15.6. Отслеживание непосредственно зависящих ячеек

	A	B	C	D	E	F
1		ставка_налога	0,4			
2		продажи_год1	10000			
3		рост_продаж	0,1			
4		цена_год1	\$ 9,00			
5		себестоимость_год1	\$ 6,00			
6		процентная ставка	0,15			
7		рост_себестоимости	0,05			
8		рост_цены	0,03			
9	Год		1	2	3	4
10	продано единиц	10000	11000	12100	13310	14641
11	цена единицы	\$ 9,00	\$ 9,27	\$ 9,55	\$ 9,83	\$ 10,13
12	себестоимость					
13	единицы	\$ 6,00	\$ 6,30	\$ 6,62	\$ 6,95	\$ 7,29
14	выручка	\$ 90 000,00	\$ 101 970,00	\$ 115 532,01	\$ 130 897,77	\$ 148 307,17
15	затраты	\$ 60 000,00	\$ 69 300,00	\$ 80 041,50	\$ 92 447,93	\$ 106 777,36
16	прибыль до					
17	уплаты налогов	\$ 30 000,00	\$ 32 670,00	\$ 35 490,51	\$ 38 449,83	\$ 41 529,81
18	налоги	\$ 12 000,00	\$ 13 068,00	\$ 14 196,20	\$ 15 379,93	\$ 16 611,92
19	прибыль после	\$ 18 000,00	\$ 19 602,00	\$ 21 294,31	\$ 23 069,90	\$ 24 917,89
20	уплаты налогов					
21	ЧПС	\$70 054,34				

Рис. 15.7. При многократном нажатии кнопки Зависимые ячейки проявятся все ячейки, зависящие от предположения о росте цены

Мне кажется, что мой финансовый аналитик сделал ошибку в расчете прибыли до уплаты налогов за первый год. Какие ячейки на модели листа использовались в этом расчете?

Здесь для ячейки B15 требуется найти влияющие ячейки, необходимые для расчета прибыли за первый год до уплаты налогов. Выберите ячейку B15 и затем нажмите кнопку **Влияющие ячейки** (Trace Precedents) один раз. Появятся стрелки, как на рис. 15.8.

	A	B	C	D	E	F
1		ставка_налога	0,4			
2		продажи_год1	10000			
3		рост_продаж	0,1			
4		цена_год1	\$ 9,00			
5		себестоимость_год1	\$ 6,00			
6		процентная ставка	0,15			
7		рост_себестоимости	0,05			
8		рост_цены	0,03			
9	Год	1	2	3	4	5
10	продано единиц	10000	11000	12100	13310	14641
11	цена единицы	\$ 9,00	\$ 9,27	\$ 9,55	\$ 9,83	\$ 10,13
12	себестоимость единицы	\$ 6,00	\$ 6,30	\$ 6,62	\$ 6,95	\$ 7,29
13	выручка	\$ 90 000,00	\$ 101 970,00	\$ 115 532,01	\$ 130 897,77	\$ 148 307,17
14	затраты	\$ 60 000,00	\$ 69 300,00	\$ 80 041,50	\$ 92 447,93	\$ 106 777,36
15	прибыль до уплаты налогов	\$ 30 000,00	\$ 32 670,00	\$ 35 490,51	\$ 38 449,83	\$ 41 529,81
16	налоги	\$ 12 000,00	\$ 13 068,00	\$ 14 196,20	\$ 15 379,93	\$ 16 611,92
17	прибыль после уплаты налогов	\$ 18 000,00	\$ 19 602,00	\$ 21 294,31	\$ 23 069,90	\$ 24 917,89
18						
19	ЧПС	\$70 054,34				

Рис. 15.8. Ячейки, непосредственно влияющие на ячейку с величиной прибыли за первый год до уплаты налогов

Как видно из этого рисунка, для расчета прибыли за первый год до уплаты налогов непосредственно необходимы значения в ячейках с выручкой за первый год и затратами за первый год. (Прибыль за первый год до уплаты налогов равна выручке за первый год минус затраты за первый год.) Нажимайте кнопку **Влияющие ячейки** (Trace Precedents) до тех пор, пока не появятся все ячейки, влияющие на ячейку с величиной прибыли за первый год до уплаты налогов (рис. 15.9).

Как видно из рисунка, здесь на прибыль за первый год до уплаты налогов влияют продажи, цена и себестоимость единицы продукции в первый год.

**Как инструменты проверки зависимостей работают с данными на нескольких листах или в нескольких книгах?**

Рассмотрим простую модель листа в файле Audittwosheets.xlsx, показанную на рис. 15.10. На листе Profit по формуле:

$$\text{количество проданных единиц} \times (\text{цена} - \text{переменные затраты}) - \text{постоянные затраты}$$

вычисляется прибыль компании на основе данных на листе Data.



	A	B	C	D	E	F
1		ставка налога		0,4		
2		продажи_год1	10000			
3		рост продаж		0,1		
4		цена_год1		9,00		
5		себестоимость_год1		6,00		
6		процентная ставка		0,15		
7		рост_себестоимости		0,05		
8		рост_цены		0,03		
9	Год		1	2	3	4
10	продано единиц		10000	11000	12100	13310
11	цена единицы	\$	9,00	\$ 9,27	\$ 9,55	\$ 9,83
12	себестоимость единиц	\$	6,00	\$ 6,30	\$ 6,62	\$ 6,95
13	выручка	\$	90 000,00	\$ 101 970,00	\$ 115 532,01	\$ 130 897,77
14	затраты	\$	60 000,00	\$ 69 300,00	\$ 80 041,50	\$ 92 447,93
15	прибыль до уплаты налогов	\$	30 000,00	\$ 32 670,00	\$ 35 490,51	\$ 38 449,83
16	налоги	\$	12 000,00	\$ 13 068,00	\$ 14 196,20	\$ 15 379,93
17	прибыль после уплаты налогов	\$	18 000,00	\$ 19 602,00	\$ 21 294,31	\$ 23 069,90
18						
19	ЧПС		\$70 054,34			

Рис. 15.9. Для просмотра всех ячеек, влияющих на величину прибыли за первый год до уплаты налогов, нажмите кнопку **Влияющие ячейки** несколько раз

	C	D	D
1			
2			
3			
4	Постоянные затраты	10000	
5	Количество проданных единиц	3000	
6	Цена	\$ 7,50	Прибыль
7	Переменные затраты	\$ 3,20	\$2 900,00
8			

Рис. 15.10. Применение инструментов проверки зависимостей к данным на нескольких листах

Требуется найти ячейки, влияющие на ячейку с формулой прибыли. На листе Profit выделите ячейку D7 и на вкладке **ФОРМУЛЫ** (FORMULAS) в группе **Зависимости формул** (Formula Auditing) нажмите кнопку **Влияющие ячейки** (Trace Precedents). Появится пунктирная линия, стрелка и значок листа (рис. 15.11).

	B	C	D
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			Прибыль \$2 900,00

Рис. 15.11. Результат отслеживания влияющих ячеек для данных на нескольких листах

Значок листа показывает, что ячейки, влияющие на результат в формуле прибыли, находятся на другом листе. После двойного щелчка на пунктирной линии откроется диалоговое окно **Переход** (Go To), как на рис. 15.12.

В нем можно выбрать любую влияющую ячейку (из списка ячеек D4:D7 на листе Data) и нажать кнопку **ОК** для перехода к выбранной влияющей ячейке.

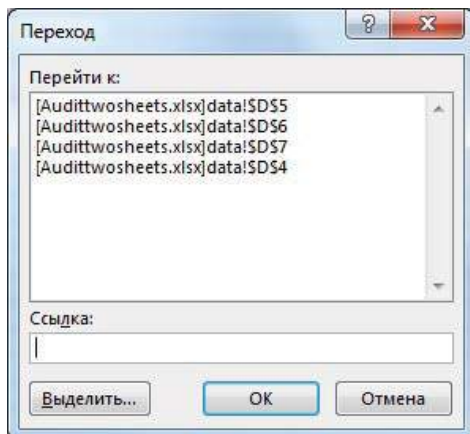


Рис. 15.12. Проверка зависимостей на нескольких листах с помощью диалогового окна **Переход**

### Что представляет собой настройка *Inquire* и как можно ее установить?

В программе Microsoft Excel 2013 Professional Plus есть доступ к настройке **Inquire** (Запрос)<sup>1</sup>, более сложной версии инструмента проверки зависимостей, располагающей дополнительными возможностями.

- ◆ Просмотр множества интересных статистических данных о текущей книге.
- ◆ Сравнение двух книг с целью поиска в них отличий.
- ◆ Создание для текущей ячейки сложной схемы влияющих и зависимых ячеек.
- ◆ Создание сложной схемы взаимосвязей между листами текущей книги.
- ◆ Очистка книги от избыточного форматирования.
- ◆ Просмотр списка паролей, связанных с книгой.

Для установки настройки **Inquire** (Запрос) выполните следующие действия:

1. Откройте вкладку **ФАЙЛ** (FILE) на ленте Excel и выберите команду **Параметры** (Options).
2. В открывшемся диалоговом окне на панели слева выберите группу **Настройки** (Add-Ins). В раскрывающемся списке **Управление** выберите **Настройки COM** (COM Add-ins) и нажмите кнопку **Перейти** (GO).

<sup>1</sup> Интерфейс настройки **Inquire** (Запрос) в русифицированной версии Microsoft Excel 2013 Professional Plus представлен на английском языке. В тексте книги в скобках указан его перевод на русский язык. — *Пер.*

3. В открывшемся диалоговом окне выберите из списка надстройку **Inquire** и нажмите кнопку **ОК**. На ленте Excel должна появиться вкладка **INQUIRE** (ЗАПРОС).

### Какую информацию о книге показывает надстройка *Inquire*?

Проанализируйте с помощью надстройки **Inquire** (Запрос) файл NPVaudit.xlsx. Откройте файл и выберите на ленте вкладку **INQUIRE** (ЗАПРОС). Появятся группы инструментов, представленные на рис. 15.13.

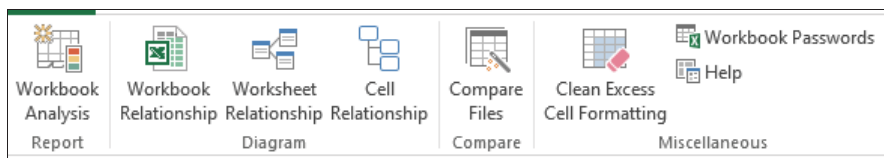


Рис. 15.13. Вкладка INQUIRE

Для получения результирующих статистических данных выберите инструмент **Workbook Analysis** (Анализ книги).

Откроется диалоговое окно **Workbook Analysis Report** (Отчет по анализу книги). В этом окне установите флажки для любых элементов, о которых требуется получить подробную информацию, или установите флажок **Summary** (Сводка) для установки всех остальных флажков. На рис. 15.14 приведены результаты, полученные после установки флажка в группе **Formulas** (Формулы). Справа находится список всех 123 ячеек книги, содержащих формулы.

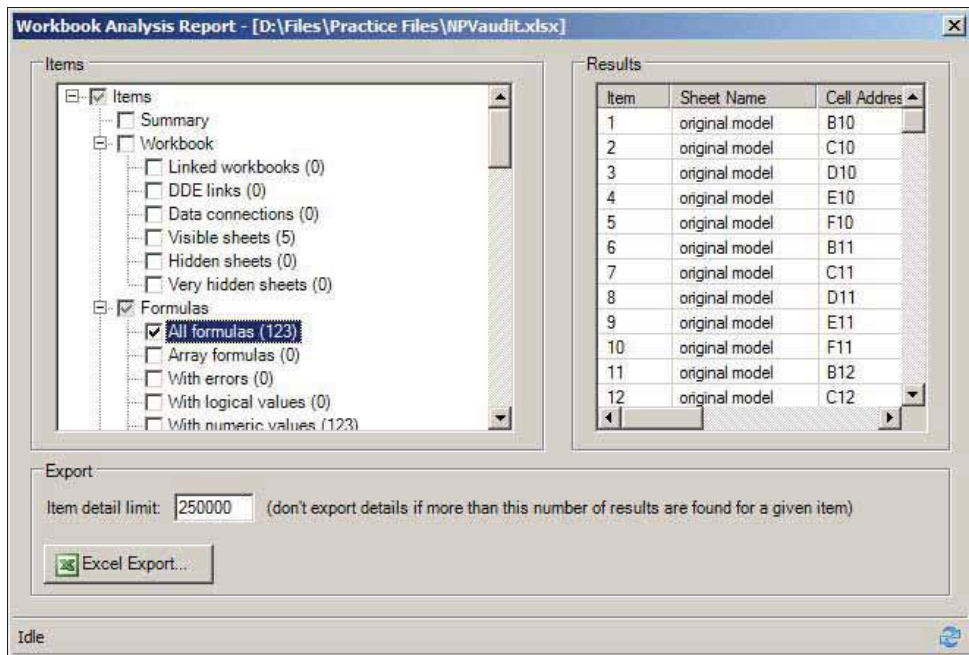


Рис. 15.14. Просмотр местонахождения всех формул в книге с помощью надстройки Inquire

## Как с помощью надстройки *Inquire* сравнить книги?

Аналитику часто приходится вручать свою книгу коллеге, который вносит в нее собственные изменения. С помощью надстройки **Inquire** (Запрос) можно сравнить две книги и найти отличия между ними. Для демонстрации сравнения двух книг с помощью надстройки **Inquire** (Запрос) откройте файл *Prodmixtemp.xlsx*. Эта книга (она будет рассмотрена более подробно в *главе 29*) содержит данные, но не формулы, необходимые для определения ассортимента продукции, максимально увеличивающего прибыль. В файле *Prodmix.xlsx* содержатся формулы, необходимые для оценки ассортимента продукции. Откройте второй файл и с помощью надстройки **Inquire** (Запрос) сравните эти книги. Для этого выберите инструмент **Compare Files** (Сравнить файлы) и в ответ на запрос укажите файлы, которые требуется сравнить. После выбора файлов появятся результаты сравнения, представленные на рис. 15.15. Справа, в файле *Prodmix.xlsx*, выделены ячейки, в которые были внесены изменения.

	B	C	D	E	F	G	H	
1		Фунты	150	160	170	180	190	
2	4500	Доступно	Продукт	1	2	3	4	5
3	1600	Труд	6	5	4	3	2.5	2.5
4		Сырье	3.2	2.6	1.5	0.8	0.7	
5		Цена за ед	\$ 12,50	\$ 11,00	\$ 9,00	\$ 7,00	\$ 6,00	
6		Перемены	\$ 4,50	\$ 5,70	\$ 3,60	\$ 2,80	\$ 2,20	
7		Спрос	960	928	1041	977	1081	
8		Прибыль н	\$ 4,00	\$ 5,30	\$ 5,40	\$ 4,20	\$ 3,80	
9								
10								
11								
12		Прибыль	\$ 4 904,00					
13					Доступно			
14		Использов	3995	<=	4500			
15		Использов	1488	<=	1600			

Рис. 15.15. Сравнение двух книг с помощью надстройки *Inquire*

## Как с помощью надстройки *Inquire* просмотреть связи между ячейками в формулах?

Для иллюстрации отображения связей между ячейками с помощью надстройки **Inquire** (Запрос) вернемся к файлу *NPVaudit.xlsx*. Если требуется просмотреть связи ячейки B15 с другими ячейками, установите курсор в ячейку B15 и выберите инструмент **Cell Relationship** (Взаимосвязь ячеек). Для отображения связей ячейки B15 и с зависимыми, и с влияющими ячейками выберите **Trace Both** (Отобразить и те, и другие). Получившаяся в результате схема представлена на рис. 15.16.

## Как с помощью надстройки *Inquire* просмотреть связи между листами?

Если книга включает в себя несколько листов, часто бывает трудно понять, как листы связаны между собой. Надстройка **Inquire** (Запрос) позволяет установить эту связь. Для демонстрации способа, каким **Inquire** (Запрос) проливает свет на связи между двумя листами, откройте файл *Audittwosheets.xlsx* и выберите на вкладке **INQUIRE** (ЗАПРОС) инструмент **Worksheet Relationship** (Взаимосвязь листов).

Результаты приведены на рис. 15.17. Как видно из рисунка, информация на листе *Data* необходима для вычисления результатов на листе *Profit*.

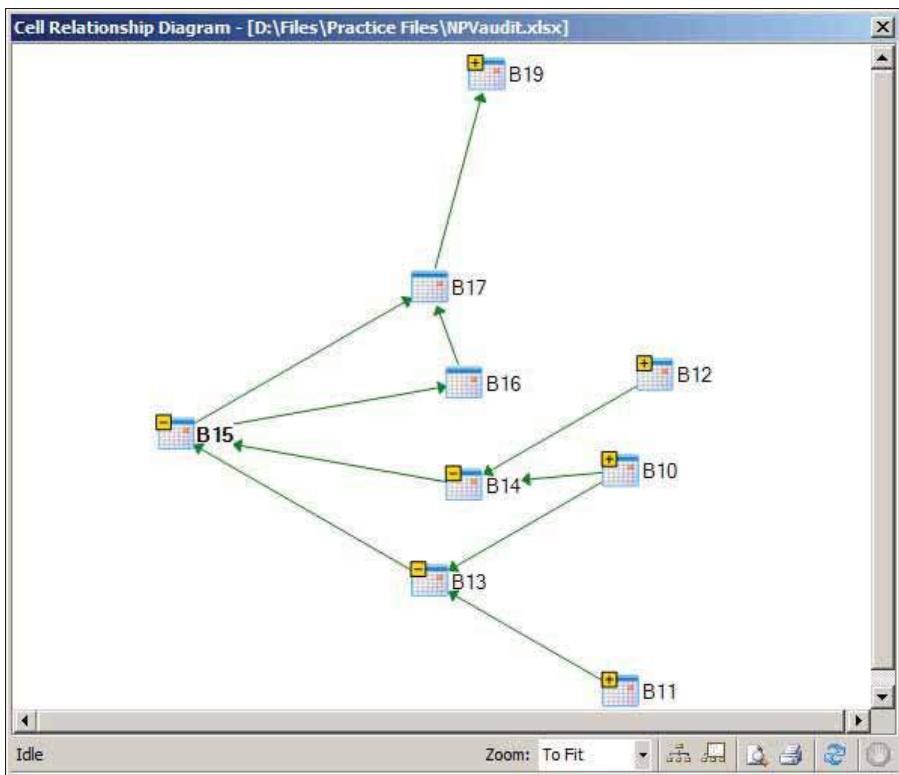


Рис. 15.16. Связи ячейки B15 с другими ячейками

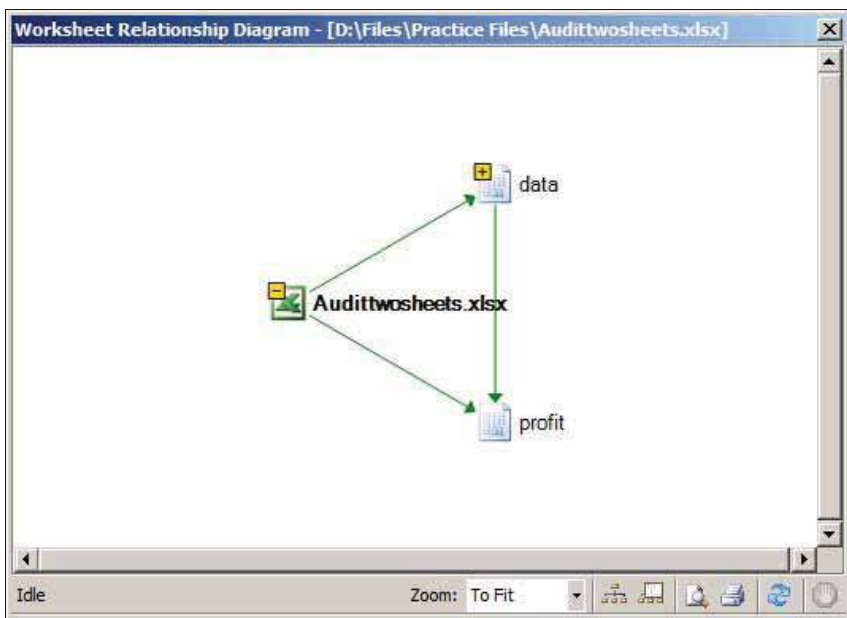


Рис. 15.17. Связь между листами книги, показанная с помощью надстройки Inquire

## Задания

---

1. В примере с ЧПС нового автомобиля определите следующее:
  - для ячейки с процентной ставкой непосредственно зависимые ячейки и все зависимые ячейки;
  - для ячейки со ставкой налога непосредственно зависимые ячейки и все зависимые ячейки;
  - для ячейки с количеством проданных единиц на четвертый год непосредственно влияющие ячейки и все влияющие ячейки;
  - для ячейки с затратами на третий год непосредственно влияющие ячейки и все влияющие ячейки.
2. Для файла *Prodmix.xlsx* определите:
  - ячейки, влияющие на ячейку с величиной прибыли;
  - ячейки, зависимые от ячейки с количеством произведенного продукта 1.
3. В файле *Prodmix.xlsx* с помощью надстройки **Inquire** (Запрос) составьте схему ячеек, зависящих от ячейки с количеством произведенного продукта 1.
4. В файле *Prodmix.xlsx* с помощью надстройки **Inquire** (Запрос) составьте схему ячеек, влияющих на ячейку с величиной прибыли.



# Анализ чувствительности с помощью таблиц данных

### Обсуждаемые вопросы

- ◆ Я собираюсь открыть магазин в местном торговом центре и продавать лимонад для гурманов. Я хотел бы знать до открытия магазина, как прибыль, доход и переменные затраты будут зависеть от цены и себестоимости единицы продукции.
- ◆ Я намерен построить новый дом. Сумма, которую я должен взять взаймы (с периодом погашения 15 лет), зависит от цены, по которой я продам свой нынешний дом. Я также не уверен в годовой ставке процента, которую я получу по завершении процесса продажи. Можно ли определить, как ежемесячные платежи будут зависеть от суммы заимствования и годовой процентной ставки?
- ◆ Крупная интернет-компания подумывает о покупке еще одного интернет-магазина. Текущий годовой доход от этого магазина составляет 100 млн долларов, а расходы — 150 млн. Текущие прогнозы показывают, что доходы магазина ежегодно растут на 25%, а его расходы — на 5%. Известно, однако, что прогнозы могут быть ошибочными, и хотелось бы знать с учетом различных предположений о годовом росте доходов и расходов, через сколько лет магазин начнет приносить прибыль.

Большинство моделей листа содержат предположения об исходных параметрах или данных модели. В примере с продажей лимонада к таким исходным параметрам относятся:

- ◆ цена, по которой продается стакан лимонада;
- ◆ себестоимость производства стакана лимонада;
- ◆ чувствительность спроса к цене лимонада;
- ◆ годовые постоянные затраты на эксплуатацию прилавка для продажи лимонада.

На основе предположений об исходных параметрах можно рассчитать представляющие интерес конечные результаты. Для примера с лимонадом такими конечными результатами могут быть:

- ◆ годовая прибыль;
- ◆ годовой доход;
- ◆ годовые переменные затраты.

Вопреки благим намерениям, предположения об исходных значениях могут оказаться ошибочными. Например, наиболее правдоподобное предположение о величине переменных затрат на производство стакана лимонада составляет 0,45 дол-



лара, но, возможно, это не так. В электронной таблице изменение конечных результатов в ответ на изменения исходных параметров определяется с помощью *анализа чувствительности*. Анализ чувствительности позволяет увидеть, например, как изменение цены продукта влияет на годовую прибыль, доход и переменные затраты. В таблице данных Microsoft Excel 2013 можно легко поменять значения одного или двух исходных параметров и выполнить анализ чувствительности. С помощью *однонаправленной* таблицы данных можно определить, как изменение значений одного исходного параметра отражается на значениях любого количества конечных результатов. С помощью *двухнаправленной* таблицы можно определить, как изменение значений двух исходных параметров отражается на значениях единственного конечного результата вычислений. Простота использования таблиц данных для получения значимых выводов о чувствительности продемонстрирована в этой главе на трех примерах.

## Ответы на вопросы в начале главы

В этом разделе приведены ответы на вопросы, перечисленные в начале главы.

**Я собираюсь открыть магазин в местном торговом центре и продавать лимонад для гурманов. Я хотел бы знать до открытия магазина, как прибыль, доход и переменные затраты будут зависеть от цены и себестоимости единицы продукции.**

Необходимые для такого анализа данные находятся в файле Lemonade.xlsx (рис. 16.1, 16.2, 16.4). Предположения о значениях исходных параметров указаны в диапазоне D1:D4. Допустим, что годовой спрос на лимонад равен  $65000 - 9000 \cdot \text{цена}$  (см. формулу в ячейке D2). (Оценка кривой спроса рассматривается в *главе 83*.) Имена в ячейках C1:C7 соответствуют ячейкам D1:D7.

Годовой доход рассчитывается в ячейке D5 по формуле  $\text{спрос} \cdot \text{цена}$ . В ячейке D6 по формуле  $\text{себестоимость} \cdot \text{спрос}$  рассчитываются переменные затраты. Наконец, в ячейке D7 по формуле  $\text{доход} - \text{постоянные\_затраты} - \text{переменные\_затраты}$  вычисляется прибыль.

Предположим, что требуется узнать, как изменение цены (например, от 1 до 4 долларов с шагом 25 центов) влияет на годовую прибыль, доход и переменные

	C	D
1	цена	\$ 4,00
2	спрос	29000
3	себестоимость	\$ 0,45
4	постоянные затраты	\$ 45 000,00
5	доход	\$ 116 000,00
6	переменные затраты	\$ 13 050,00
7	прибыль	\$ 57 950,00

Рис. 16.1. Входные данные, влияющие на рентабельность магазина по продаже лимонада

затраты. Поскольку изменяется только одна исходная величина, задача решается с помощью однонаправленной таблицы данных. Эта таблица данных представлена на рис. 16.2.

Создание однонаправленной таблицы данных начинается с перечисления исходных значений в столбце. В диапазоне C11:C23 указаны представляющие интерес цены (в диапазоне от 1 до 4 долларов с шагом 25 центов). Строкой выше списка исходных значений находятся формулы, необходимые для расчета в таблице данных. Формула для вычисления величины прибыли введена в ячейку D10, формула вычисления величины дохода — в ячейку E10 и формула для вычисления величины переменных затрат — в ячейку F10.

	В	С	Д	Е	Ф
8					
9			прибыль	доход	переменные затраты
10	цена		57950	116000	13050
11		\$ 1,00			
12		\$ 1,25			
13		\$ 1,50			
14		\$ 1,75			
15		\$ 2,00			
16		\$ 2,25			
17		\$ 2,50			
18		\$ 2,75			
19		\$ 3,00			
20		\$ 3,25			
21		\$ 3,50			
22		\$ 3,75			
23		\$ 4,00			

Рис. 16.2. Данные для создания однонаправленной таблицы с различными значениями цены

Теперь выделим диапазон для таблицы (C10:F23). Таблица начинается строкой выше строки первого значения исходного параметра, а его последняя строка — это строка, которая содержит последнее значение исходного параметра. Первый столбец таблицы — это столбец значений исходного параметра, а его последний столбец — это последний из столбцов с конечными результатами. После выделения таблицы откройте вкладку **ДАННЫЕ** (DATA) на ленте Excel. В группе **Работа с данными** (Data Tools) в раскрывающемся списке **Анализ "что если"** (What-If Analysis) выберите **Таблица данных** (Data Table). В диалоговом окне **Таблица данных** (Data Table) заполните поле **Подставлять значения по строкам в** (Column input cell), как показано на рис. 16.3.

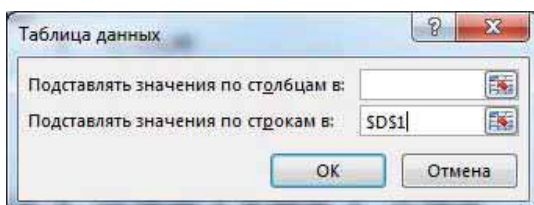


Рис. 16.3. Создание таблицы данных

В этом поле следует указать ячейку, значению которой будут присваиваться значения из списка исходных данных, т. е. значения, перечисленные в первом столбце таблицы данных. Так как список исходных данных состоит из цен, в поле необходимо выбрать ячейку D1. После нажатия кнопки **ОК** автоматически создается однонаправленная таблица (рис. 16.4).

	B	C	D	E	F
1		цена	\$ 4,00		
2		спрос	29000		
3		себестоимость	\$ 0,45		
4		постоянные затраты	\$ 45 000,00		
5		доход	\$ 116 000,00		
6		переменные затраты	\$ 13 050,00		
7		прибыль	\$ 57 950,00		
8					
9			прибыль	доход	переменные затраты
10	цена		57950	116000	13050
11	\$ 1,00	\$ (14 200,00)	\$ 56 000,00	\$ 25 200,00	\$ 25 200,00
12	\$ 1,25	\$ (2 000,00)	\$ 67 187,50	\$ 24 187,50	\$ 24 187,50
13	\$ 1,50	\$ 9 075,00	\$ 77 250,00	\$ 23 175,00	\$ 23 175,00
14	\$ 1,75	\$ 19 025,00	\$ 86 187,50	\$ 22 162,50	\$ 22 162,50
15	\$ 2,00	\$ 27 850,00	\$ 94 000,00	\$ 21 150,00	\$ 21 150,00
16	\$ 2,25	\$ 35 550,00	\$ 100 687,50	\$ 20 137,50	\$ 20 137,50
17	\$ 2,50	\$ 42 125,00	\$ 106 250,00	\$ 19 125,00	\$ 19 125,00
18	\$ 2,75	\$ 47 575,00	\$ 110 687,50	\$ 18 112,50	\$ 18 112,50
19	\$ 3,00	\$ 51 900,00	\$ 114 000,00	\$ 17 100,00	\$ 17 100,00
20	\$ 3,25	\$ 55 100,00	\$ 116 187,50	\$ 16 087,50	\$ 16 087,50
21	\$ 3,50	\$ 57 175,00	\$ 117 250,00	\$ 15 075,00	\$ 15 075,00
22	\$ 3,75	\$ 58 125,00	\$ 117 187,50	\$ 14 062,50	\$ 14 062,50
23	\$ 4,00	\$ 57 950,00	\$ 116 000,00	\$ 13 050,00	\$ 13 050,00

Рис. 16.4. Однонаправленная таблица данных с различными значениями цены

В диапазоне ячеек D11:F11 вычисляются прибыль, доход и переменные затраты для цены 1 доллар. В ячейках D12:F12 прибыль, доход и переменные затраты вычисляются для цены 1,25 долларов и далее для всего диапазона цен. Максимально увеличивающей прибыль ценой среди всех перечисленных цен является цена, составляющая 3,75 долларов. Эта цена принесет ежегодную прибыль в размере 58 125,00 долларов, ежегодный доход в размере 117 187,50 долларов и ежегодные переменные затраты в размере 14 062,50 долларов.

Предположим, что требуется определить, как изменяется годовая прибыль при изменении цены от 1,50 до 5,00 долларов (с шагом 25 центов) и при изменении себестоимости единицы продукции от 30 до 60 центов (с шагом 5 центов). Поскольку в этом случае изменяются значения двух исходных параметров, необходимо создать двунаправленную таблицу (рис. 16.5). Укажите значения для одного исходного параметра в первом столбце таблицы (используйте диапазон H11:H25 для значений цены) и значения для второго исходного параметра в первой строке таблицы. (В данном случае, в диапазоне I10:O10 содержится список значений себестоимости едини-

цы продукции.) В двунаправленной таблице для значений двух исходных параметров может быть только одна ячейка с конечным результатом, и формула для расчета результата должна быть помещена в левый верхний угол таблицы. Таким образом, впишите формулу расчета прибыли в ячейку H10.

	H	I	J	K	L	M	N	O
9		себестоимость единицы продукции						
10	57950	\$ 0,30	\$ 0,35	\$ 0,40	\$ 0,45	\$ 0,50	\$ 0,55	\$ 0,60
11	\$ 1,50	\$ 16 800,00	\$ 14 225,00	\$ 11 650,00	\$ 9 075,00	\$ 6 500,00	\$ 3 925,00	\$ 1 350,00
12	\$ 1,75	\$ 26 412,50	\$ 23 950,00	\$ 21 487,50	\$ 19 025,00	\$ 16 562,50	\$ 14 100,00	\$ 11 637,50
13	\$ 2,00	\$ 34 900,00	\$ 32 550,00	\$ 30 200,00	\$ 27 850,00	\$ 25 500,00	\$ 23 150,00	\$ 20 800,00
14	\$ 2,25	\$ 42 262,50	\$ 40 025,00	\$ 37 787,50	\$ 35 550,00	\$ 33 312,50	\$ 31 075,00	\$ 28 837,50
15	\$ 2,50	\$ 48 500,00	\$ 46 375,00	\$ 44 250,00	\$ 42 125,00	\$ 40 000,00	\$ 37 875,00	\$ 35 750,00
16	\$ 2,75	\$ 53 612,50	\$ 51 600,00	\$ 49 587,50	\$ 47 575,00	\$ 45 562,50	\$ 43 550,00	\$ 41 537,50
17	\$ 3,00	\$ 57 600,00	\$ 55 700,00	\$ 53 800,00	\$ 51 900,00	\$ 50 000,00	\$ 48 100,00	\$ 46 200,00
18	\$ 3,25	\$ 60 462,50	\$ 58 675,00	\$ 56 887,50	\$ 55 100,00	\$ 53 312,50	\$ 51 525,00	\$ 49 737,50
19	\$ 3,50	\$ 62 200,00	\$ 60 525,00	\$ 58 850,00	\$ 57 175,00	\$ 55 500,00	\$ 53 825,00	\$ 52 150,00
20	\$ 3,75	\$ 62 812,50	\$ 61 250,00	\$ 59 687,50	\$ 58 125,00	\$ 56 562,50	\$ 55 000,00	\$ 53 437,50
21	\$ 4,00	\$ 62 300,00	\$ 60 850,00	\$ 59 400,00	\$ 57 950,00	\$ 56 500,00	\$ 55 050,00	\$ 53 600,00
22	\$ 4,25	\$ 60 662,50	\$ 59 325,00	\$ 57 987,50	\$ 56 650,00	\$ 55 312,50	\$ 53 975,00	\$ 52 637,50
23	\$ 4,50	\$ 57 900,00	\$ 56 675,00	\$ 55 450,00	\$ 54 225,00	\$ 53 000,00	\$ 51 775,00	\$ 50 550,00
24	\$ 4,75	\$ 54 012,50	\$ 52 900,00	\$ 51 787,50	\$ 50 675,00	\$ 49 562,50	\$ 48 450,00	\$ 47 337,50
25	\$ 5,00	\$ 49 000,00	\$ 48 000,00	\$ 47 000,00	\$ 46 000,00	\$ 45 000,00	\$ 44 000,00	\$ 43 000,00

Рис. 16.5. Двунаправленная таблица для расчета величины прибыли как функции цены и себестоимости единицы продукции

Выделите таблицу (ячейки H10:O25) и откройте вкладку **ДАННЫЕ** (DATA). В группе **Работа с данными** (Data Tools) в раскрывающемся списке **Анализ "что если"** (What-If Analysis) выберите **Таблица данных** (Data Table). В диалоговом окне **Таблица данных** (Data Table) в поле **Подставлять значения по строкам в** (Column input cell) укажите ячейку D1 (цена) и в поле **Подставлять значения по столбцам в** (Row input cell) — ячейку D3 (себестоимость единицы продукции). Такая настройка таблицы означает, что значения в первом столбце таблицы используются как цены, а значения в первой строке таблицы — как себестоимости единицы продукции. После нажатия кнопки **ОК** появится таблица, показанная на рис. 16.5. В качестве примера, в ячейке K19 при цене 3,50 долларов и себестоимости единицы продукции 0,40 долларов указана годовая прибыль, равная 58 850,00 долларам. Для каждого значения себестоимости единицы продукции цена, максимально увеличивающая прибыль, выделена цветом. Обратите внимание, что при росте себестоимости единицы продукции растет цена, максимально увеличивающая прибыль, поскольку часть увеличившейся себестоимости передается покупателю. Конечно, можно гарантировать только то, что цена, максимально увеличивающая прибыль, в таблице данных находится в пределах 25 центов от фактической максимально увеличивающей прибыль цены. После знакомства с инструментом Excel **Поиск решения** (Solver) вы сможете в *главе 83* определить точную (до копейки) максимально увеличивающую прибыль цену.

Далее приведено еще несколько замечаний к данной задаче.

- ◆ При изменении исходных значений на листе также изменяются значения, вычисляемые в таблице данных. Например, если увеличить постоянные затраты на

10 000 долларов, все значения для величины прибыли в таблице данных уменьшатся на 10 000 долларов.

- ◆ Невозможно удалить или отредактировать часть таблицы данных. При необходимости сохранения значений в таблице выделите табличный диапазон, скопируйте значения, а затем щелкните правой кнопкой мыши и выберите инструмент **Специальная вставка** (Paste Special). В диалоговом окне **Специальная вставка** (Paste Special) установите переключатель в положение **значения** (Values). Однако после такого шага изменения в исходных данных больше не будут вызывать обновления результатов вычислений в таблице данных.
- ◆ При создании двунаправленной таблицы данных будьте внимательны и не перепутайте значения для полей **Подставлять значения по строкам в** (Column input cell) и **Подставлять значения по столбцам в** (Row input cell). Ошибка приведет к не имеющим смысла результатам.
- ◆ Многие устанавливают для расчетов автоматический режим. В этом случае любые изменения на листе вызывают пересчет всех таблиц данных. Как правило, это и требуется, но если таблицы данных большие, автоматический пересчет может происходить очень медленно. Если постоянный пересчет таблиц данных замедляет работу, откройте вкладку **ФАЙЛ** (FILE) на ленте, выберите команду **Параметры** (Options) и затем в диалоговом окне выберите группу параметров **Формулы** (Formulas). Установите переключатель в положение **автоматически, кроме таблиц данных** (Automatic Except For Data Tables). После этого все таблицы данных будут пересчитываться только при нажатии клавиши <F9> (пересчет). Или же на вкладке **ФОРМУЛЫ** (FORMULAS) в группе **Вычисление** (Calculation) в раскрывающемся списке инструмента **Параметры вычислений** (Calculation Options) выберите **Автоматически, кроме таблиц данных** (Automatic Except For Data Tables).

**Я намереваюсь построить новый дом. Сумма, которую я должен взять взаймы (с периодом погашения 15 лет), зависит от цены, по которой я продам свой нынешний дом. Я также не уверен в годовой ставке процента, которую я получу по завершении процесса продажи. Можно ли определить, как ежемесячные платежи будут зависеть от суммы заимствования и годовой процентной ставки?**

Реальная мощь таблиц данных становится очевидной при объединении таблиц данных с одной из функций Excel. В данном примере используется двунаправленная таблица с варьированием двух исходных параметров (суммы заимствования и годовой процентной ставки) для функции ПЛТ (PMT). С ее помощью определяется изменение ежемесячного платежа при изменении этих исходных параметров. (Функция ПЛТ подробно рассматривалась в *главе 9*.) Данные к этому примеру находятся в файле Mortgage.xls (рис. 16.6).

Предположим, что вы взяли 15-летний ипотечный кредит, платежи по которому производятся в конце каждого месяца. Введите сумму заимствования в ячейку D2, количество месяцев ипотеки (180) в ячейку D3 и годовую ставку процента в ячейку D4. Присвойте имена из ячеек C2:C4 ячейкам D2:D4. Исходя из этих данных, вычислите величину ежемесячного платежа в ячейке D5 по формуле

=ПЛТ(годовая\_ставка\_процента/12; количество\_месяцев; сумма\_заимствования)

	C	D	E	F	G	H	I	J
2	сумма заимствования	\$ 400 000,00						
3	количество месяцев	180						
4	годовая ставка процента	6%						
5	ежемесячный платеж	\$ 3 375,43						
6			годовая	процентная ставка				
7	\$ 3 375,43	5,0%	5,5%	6,0%	6,5%	7,0%	7,5%	8,0%
8	\$ 300 000,00	\$ 2 372,38	\$ 2 451,25	\$ 2 531,57	\$ 2 613,32	\$ 2 696,48	\$ 2 781,04	\$ 2 866,96
9	\$ 350 000,00	\$ 2 767,78	\$ 2 859,79	\$ 2 953,50	\$ 3 048,88	\$ 3 145,90	\$ 3 244,54	\$ 3 344,78
10	\$ 400 000,00	\$ 3 163,17	\$ 3 268,33	\$ 3 375,43	\$ 3 484,43	\$ 3 595,31	\$ 3 708,05	\$ 3 822,61
11	\$ 450 000,00	\$ 3 558,57	\$ 3 676,88	\$ 3 797,36	\$ 3 919,98	\$ 4 044,73	\$ 4 171,56	\$ 4 300,43
12	\$ 500 000,00	\$ 3 953,97	\$ 4 085,42	\$ 4 219,28	\$ 4 355,54	\$ 4 494,14	\$ 4 635,06	\$ 4 778,26
13	\$ 550 000,00	\$ 4 349,36	\$ 4 493,96	\$ 4 641,21	\$ 4 791,09	\$ 4 943,56	\$ 5 098,57	\$ 5 256,09
14	\$ 600 000,00	\$ 4 744,76	\$ 4 902,50	\$ 5 063,14	\$ 5 226,64	\$ 5 392,97	\$ 5 562,07	\$ 5 733,91
15	\$ 650 000,00	\$ 5 140,16	\$ 5 311,04	\$ 5 485,07	\$ 5 662,20	\$ 5 842,38	\$ 6 025,58	\$ 6 211,74

Рис. 16.6. Таблица данных для определения изменения ежемесячного платежа по ипотеке в зависимости от изменения суммы заимствования и ставки процента

Предположим, что сумма заимствования варьируется (в зависимости от цены продажи нынешнего дома) между 300 000 и 650 000 долларами, а годовая процентная ставка составляет от 5 до 8%. В рамках подготовки к созданию таблицы данных введите суммы заимствования в ячейки C8:C15 и значения возможных ставок процента в ячейки D7:J7. В ячейке C7 содержится конечный результат, который требуется пересчитать для различных комбинаций исходных данных. Поэтому установите значение в ячейке C7 равным значению в ячейке D5. Выделите таблицу (C7:J15), откройте вкладку **ДАнные** (DATA), в группе **Работа с данными** (Data Tools) в раскрывающемся списке **Анализ "что если"** (What-If Analysis) выберите **Таблица данных** (Data Table). Поскольку числа в первом столбце таблицы являются суммами заимствования, в поле **Подставлять значения по строкам в** (Column input cell) укажите ячейку D2. Числа в первой строке таблицы представляют годовые ставки процента, поэтому в поле **Подставлять значения по столбцам в** (Row input cell) укажите ячейку D4. После нажатия кнопки **ОК** появится таблица данных, представленная на рис. 16.6. Данные в этой таблице показывают, например, что при заимствовании суммы в 400 000 долларов под годовую ставку 6% ежемесячные платежи составят чуть более 3375 долларов. Данные в таблице также показывают, что при более низкой ставке процента (например, 5%) увеличение суммы заимствования на 50 000 долларов повышает ежемесячный платеж примерно на 395 долларов, тогда как при более высокой ставке процента (например, 8%) увеличение суммы заимствования на 50 000 долларов повышает ежемесячный платеж примерно на 478 долларов.

Крупная интернет-компания подумывает о покупке еще одного интернет-магазина. Текущий годовой доход от этого магазина составляет 100 млн долларов, а расходы — 150 млн. Текущие прогнозы показывают, что доходы магазина ежегодно растут на 25%, а его расходы — на 5%. Известно, однако, что прогнозы могут быть ошибочными, и хотелось бы знать с учетом различных

**предположений о годовом росте доходов и расходов, через сколько лет магазин начнет приносить прибыль.**

Следует определить период времени, необходимый для достижения уровня безубыточности, на основе ежегодных темпов роста доходов от 10 до 50% и ежегодных темпов роста расходов от 2 до 20%. Предположим также, что если компания не достигает уровня безубыточности за 13 лет, то она не может его достичь в принципе. Данные к этой задаче находятся в файле *Bezos.xlsx* и показаны на рис. 16.7 и 16.8.

Скройте столбцы A и B и строки 16—18. Для скрытия столбцов A и B сначала выделите какие-либо ячейки в столбцах A и B (или выделите заголовки столбцов) и затем перейдите на вкладку **ГЛАВНАЯ** (HOME). В группе **Ячейки** (Cells) в раскрываемом списке **Формат** (Format) выберите **Скрыть или отобразить** (Hide & Unhide) и укажите **Скрыть столбцы** (Hide Columns). Для скрытия строк 16—18 выделите какие-либо ячейки в этих строках (или выделите заголовки строк) и, повторив предыдущие действия, укажите **Скрыть строки** (Hide Rows). Кроме того, в группе **Формат | Видимость** (Format | Visibility) можно выбрать **Отобразить строки** (Unhide Rows) и **Отобразить столбцы** (Unhide Columns). Если на листе много скрытых столбцов и строк и требуется отобразить их быстро, выделите весь лист нажатием на кнопку **Выделить все** (Select All) на пересечении заголовков столбцов и строк. Затем выберите **Отобразить строки** (Unhide Rows) или **Отобразить столбцы** (Unhide Columns), и на листе появятся все скрытые прежде строки или столбцы.

В строке 11 планируем доходы компании на 13 лет вперед (на основе предполагаемых ежегодных темпов роста доходов в ячейке E7) путем копирования формулы  $=E11*(1+\$E\$7)$  из ячейки F11 в ячейки G11:R11. В строке 12 планируем расходы компании на 13 лет вперед (на основе предполагаемых ежегодных темпов роста расходов в ячейке E8) путем копирования формулы  $=E12*(1+\$E\$8)$  из ячейки F12 в ячейки G12:R12 (рис. 16.7).

	C	D	E	F	G	H	P	Q	R
6			темпы роста						
7	Доходы	1E+08	0,25						
8	Расходы	1,50E+08	0,05						
9									
10			0	1	2	3	11	12	13
11	Доходы	1E+08	1,25E+08	1,56E+08	1,95E+08	1,16E+09	1,46E+09	1,82E+09	
12	Расходы	2E+08	1,58E+08	1,65E+08	1,74E+08	2,57E+08	2,69E+08	2,83E+08	
13	Безубыточность		0	0	3	0	0	0	
14									
15	Всего		3						

Рис. 16.7. Таблица данных для расчета периода достижения безубыточности

Для определения влияния изменений темпов роста доходов и расходов на период достижения безубыточности следует создать двунаправленную таблицу данных. Необходимо отвести одну ячейку под значение, которое всегда будет отображать период достижения безубыточности. Поскольку уровень безубыточности может

быть достигнут в течение любого из следующих 13 годов, это может показаться довольно трудной задачей.

Начнем с применения функции ЕСЛИ для каждого года в строке 13 с целью определить, достигнут ли уровень безубыточности в течение этого года. Функция ЕСЛИ возвращает порядковый номер года в случае достижения уровня безубыточности или 0 в противном случае. В ячейке E15 определим период времени, необходимый для достижения безубыточности, путем сложения всех чисел в строке 13. Наконец, ячейку E15 можно использовать как ячейку с конечным результатом для двунаправленной таблицы.

Скопируйте формулу =ЕСЛИ(И(E11<E12;F11>F12);F10;0) из ячейки F13 в ячейки G13:R13. Эта формула показывает, что уровень безубыточности достигнут первый раз в течение года тогда и только тогда, когда в течение предыдущего года доходы были меньше расходов и в течение текущего года доходы превышают расходы. В этом случае в строке 13 записывается порядковый номер года; в противном случае записывается 0.

Теперь в ячейке E15 можно определить год достижения уровня безубыточности (если таковой имеется) по формуле =ЕСЛИ(СУММ(F13:R13)>0;СУММ(F13:R13);"Нет"). Если уровень безубыточности не будет достигнут даже через 13 лет, в результате вычисления будет получена текстовая строка "Нет".

Затем введите ежегодные темпы роста доходов (от 10 до 50%) в ячейки E21:E61. Введите ежегодные темпы роста расходов (от 2 до 20%) в ячейки F20:X20. Удостоверьтесь, что формула безубыточности скопирована в ячейку E20 как формула =E15. Выделите таблицу E20:X61, на вкладке ДАННЫЕ (DATA) в группе Работа с данными (Data Tools) в раскрывающемся списке Анализ "что если" (What-If Analysis) выберите Таблица данных (Data Table). Укажите ячейку E7 (темпы роста доходов) в поле Подставлять значения по строкам в (Column input cell) и ячейку E8 (темпы роста расходов) в поле Подставлять значения по столбцам в (Row input cell). При таких настройках получится двунаправленная таблица (рис. 16.8).

	D	E	F	G	H	P	Q	R	S	T	U	V	W	X
19					Рост расходов									
20		3	0,02	0,03	0,04	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,2
21		0,1	6	7	8	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
22	Рост	0,11	5	6	7	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
23	доходов	0,12	5	5	6	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
24		0,13	4	5	5	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
25		0,14	4	4	5	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
55		0,44	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3
56		0,45	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3
57		0,46	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
58		0,47	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
59		0,48	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
60		0,49	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
61		0,5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Рис. 16.8. Двунаправленная таблица данных

Отметим, например, что если расходы растут на 4% в год, то при 10%-ном ежегодном росте доходов безубыточность будет достигнута через 8 лет, в то время как при 50%-ном ежегодном росте доходов она будет достигнута уже через 2 года! Также



отметим, что если расходы растут на 12% в год, а доходы — на 14% в год, то безубыточность не будет достигнута к концу 13-го года.

## Задания

1. При анализе прибыльности автобиографии Билла Клинтона были высказаны следующие предположения:

- Билл получает одновременно роялти в размере 12 млн долларов;
- постоянные затраты на производство книги в твердом переплете составляют 1 млн долларов;
- переменные затраты на производство каждого экземпляра книги в твердом переплете составляют 4 доллара;
- чистый доход издателя от продажи книги составляет 15 долларов за каждый проданный экземпляр книги в твердом переплете;
- издатель рассчитывает продать 1 млн экземпляров книги в твердом переплете;
- постоянные затраты на производство книги в мягкой обложке составляют 100 000 долларов;
- переменные затраты на производство каждого экземпляра книги в мягкой обложке составляют 1 доллар;
- чистый доход издателя от продажи книги составляет 4 доллара за каждый проданный экземпляр книги в мягкой обложке;
- объем продаж книги в мягкой обложке в 2 раза превысит объем продаж книги в твердом переплете.

С учетом этой информации ответьте на следующие вопросы:

- Как будет изменяться прибыль издателя до уплаты налогов при изменении объема продаж книги в твердом переплете от 100 тыс. до 1 млн экземпляров?
- Как будет изменяться прибыль издателя до уплаты налогов при изменении объема продаж книги в твердом переплете от 100 тыс. до 1 млн экземпляров и при изменении отношения объемов продаж книги в мягкой обложке к объему продаж книги в твердом переплете от 1 до 2,4?

2. Ежегодный спрос на продукт составляет  $500 - 3p + 10\sqrt{a}$ , где  $p$  — цена продукта в долларах,  $a$  — сотни долларов, потраченные на рекламу продукта. Ежегодные постоянные затраты на продажу продукта составляют 10 000 долларов, а переменные затраты на производство единицы продукции — 12 долларов. Определите цену (с шагом 10 долларов) и сумму, затраченную на рекламу (с шагом 100 долларов), которые максимально увеличивают прибыль.

3. Рассмотрите повторно пример с хеджированием из главы 11. Определите процентную доходность портфеля для цены акции через шесть месяцев, варьирую-

- щейся от 20 до 65 долларов и количества проданных пут-опционов, изменяющегося от 0 до 100 (с шагом 10).
4. Предположим, что в примере с ипотечным кредитом известна годовая процентная ставка — 5,5%. Создайте таблицу, в которой показана разница в платежах для 15-, 20- и 30-летнего ипотечного кредита с суммой заимствования от 300 000 до 600 000 долларов (с шагом 50 000 долларов).
  5. В настоящее время вы продаете 40 000 единиц продукции по 45 долларов за каждую единицу. Переменные затраты на производство единицы продукции составляют 5 долларов. Вы собираетесь снизить цену продукта на 30%, поскольку уверены, что это приведет к увеличению объема продаж от 10 до 50%. Выполните анализ чувствительности для демонстрации изменения величины прибыли как функции увеличения продаж в процентах. Не учитывайте постоянные затраты.
  6. Предположим, что в конце каждого года из следующих 40 лет вы кладете одну и ту же сумму в свой пенсионный фонд по одной и той же ежегодной процентной ставке. Покажите, каким образом изменяется сумма денег при выходе на пенсию при изменении ежегодного взноса от 5000 до 25 000 долларов и при изменении процентной ставки от 3 до 15%.
  7. Срок окупаемости проекта — это период времени, необходимый для покрытия первоначальной инвестиции будущей прибылью от проекта. Для проекта требуется инвестиция в размере 300 млн долларов в нулевой год. Проект будет приносить прибыль в течение 10 лет, и по итогам первого года денежный поток составит от 30 до 100 млн долларов. Ежегодные темпы роста денежного потока составят от 5 до 25%. Как окупаемость проекта зависит от денежного потока по итогам первого года и от темпов роста денежного потока?
  8. Компания-разработчик программного обеспечения собирается переводить интерфейс программного продукта на суахили. В настоящее время в год продается 200 000 единиц продукта по цене 100 долларов каждый. Переменные затраты на производство продукта составляют 20 долларов. Постоянные затраты на перевод составят 5 млн долларов. Перевод интерфейса на суахили увеличит продажи в течение каждого года из следующих 3 лет на некий неизвестный процент по сравнению с текущим объемом продаж 200 000 единиц. Покажите, как изменение прибыли, вызванное переводом, зависит от процентного увеличения объема продаж продукта. В расчетах можно не учитывать временную стоимость денег и налоги.
  9. В файле Citydistances.xlsx приведены данные о широте и долготе для некоторых городов США. В нем также имеется формула, вычисляющая расстояние между двумя городами по заданной широте и долготе. Создайте таблицу, в которой вычисляются расстояния между любой парой перечисленных городов.
  10. Вы начали копить денежные средства на высшее образование своего ребенка. Вы намерены вносить на счет по 5000 долларов в год, и вам необходимо выяснить, какая сумма будет на вашем счету через 10—15 лет при годовой ставке доходности инвестиции от 4 до 12%.

11. Если вам начисляются проценты по процентной ставке  $r$  каждый год и сложные проценты  $n$  раз в год, тогда через  $t$  лет 1 доллар вырастет до  $(1 + (r/n))^n t$  долларов. При условии, что годовая процентная ставка составляет 10%, создайте таблицу, показывающую коэффициент роста 1 доллара через 5—15 лет при ежедневном, ежемесячном, ежеквартальном и полугодовом начислении сложных процентов.
12. Предположим, что на вашем счету в банке лежит 100 долларов. Ежегодно можно снять  $x\%$  (от 4 до 10) от первоначальной суммы. Определите для годового темпа роста от 3 до 10%, сколько пройдет лет до того, как закончатся деньги. Подсказка: следует воспользоваться функцией ЕСЛИОШИБКА (IFERROR), рассмотренной в главе 11, поскольку если годовой темп роста превышает темпы изъятия, деньги на счету никогда не закончатся.
13. Если вам начисляются проценты по годовой ставке  $x\%$  в год, через  $n$  лет 1 доллар будет равен  $(1 + x)^n$  долларов. Для годовой процентной ставки от 1 до 20% определите точно, когда (в годах) произойдет удвоение 1 доллара.
14. Вы взяли займы 200 000 долларов и осуществляете платежи в конце каждого месяца. Для годовой ставки процента от 5 до 10% и срока возврата займа 10, 15, 20, 25 и 30 лет определите итоговые проценты, выплаченные по кредиту.
15. Вы начали копить денежные средства на высшее образование своего ребенка. Вы кладете на счет одну и ту же сумму денег в конце каждого года. Ваша цель — получить в конечном итоге 100 000 долларов. Определите необходимую величину ежегодного взноса при годовом доходе от инвестиции от 4 до 15% и сроке инвестирования от 5 до 15 лет.
16. В файле Antitrustdata.xlsx содержатся данные о годах начала и завершения множества судебных дел. Определите количество активных судебных дел в течение каждого года.
17. Можно выйти на пенсию в возрасте 62 лет и получать по 8000 долларов в год или выйти на пенсию в возрасте 65 лет и получать по 10 000 долларов в год. Какова разница (в долларах на сегодняшний день) между этими двумя вариантами при изменении годовой процентной ставки, по которой дисконтируются денежные потоки, от 2 до 10% и при изменении возраста смерти от 70 до 84 лет?

# Инструмент *Подбор параметра*

### Обсуждаемые вопросы

- ◆ Сколько стаканов лимонада в год по определенной цене должен продать магазин для достижения уровня безубыточности?
- ◆ Мы собираемся выплатить ипотеку в течение 15 лет. Годовая процентная ставка составляет 6%. Банк сообщил, что для нас допустимы максимальные ежемесячные выплаты в размере 2000 долларов. Какую сумму мы можем заимствовать?
- ◆ Я всегда испытывал затруднения с сюжетными задачами по алгебре в средней школе. Может ли Excel упростить решение таких задач?

В Microsoft Excel 2013 значение исходного параметра листа, при котором значение заданной формулы соответствует указанной цели, можно вычислить с помощью инструмента **Подбор параметра** (Goal Seek). Например, предположим, что в примере с магазином по продаже лимонада из *главы 16* имеются постоянные накладные расходы, фиксированные затраты на производство единицы продукции и фиксированная цена продажи. С учетом этих данных можно с помощью инструмента **Подбор параметра** (Goal Seek) вычислить количество стаканов лимонада, которое требуется продать для достижения уровня безубыточности. По существу инструмент **Подбор параметра** (Goal Seek) представляет собой встроенный решатель уравнений. При использовании инструмента **Подбор параметра** (Goal Seek) в Excel необходимо указать значения для следующих данных.

- ◆ **Установить в ячейке** (Set Cell) — указывает, что ячейка содержит формулу, вычисляющую искомое значение. В примере с лимонадом это поле должно содержать ссылку на ячейку с формулой расчета прибыли.
- ◆ **Значение** (To Value) — указывает целевое числовое значение, которое должно быть вычислено в ячейке с формулой. В примере с лимонадом, поскольку требуется определить объем продаж, представляющий точку безубыточности, в это поле следует ввести значение 0.
- ◆ **Изменяя значение ячейки** (By Changing Cell) — указывает ячейку с исходным параметром, значение которого автоматически изменяется до тех пор, пока в ячейке с формулой не будет получено целевое числовое значение, определенное в поле **Значение** (To Value). В примере с лимонадом это поле должно содержать ссылку на ячейку с годовым объемом продаж лимонада.

## Ответы на вопросы в начале главы

В этом разделе приведены ответы на вопросы, перечисленные в начале главы.

**Сколько стаканов лимонада в год по определенной цене должен продать магазин для достижения уровня безубыточности?**

Данные к этому разделу находятся в файле *Lemonadegs.xlsx* (рис. 17.1). Как и в *главе 16*, предположим, что годовые постоянные затраты составляют 45 000,00 долларов, а переменные затраты на производство единицы продукции — 0,45 долларов. Допустим также, что цена стакана лимонада равна 3,00 доллара. Вопрос в том, сколько стаканов лимонада необходимо продавать каждый год для достижения уровня безубыточности.

	C	D
1	цена	\$ 3,00
2	спрос	17647,05882
3	себестоимость	\$ 0,45
4	постоянные затраты	\$ 45 000,00
5	доход	\$ 52 941,18
6	переменные затраты	\$ 7 941,18
7	прибыль	\$ -

Рис. 17.1. Входные данные инструмента **Подбор параметра** для выполнения анализа безубыточности

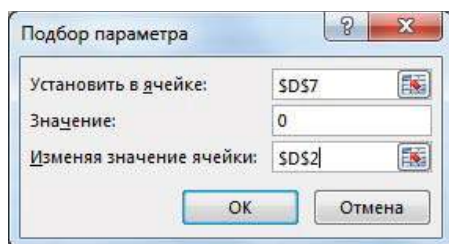


Рис. 17.2. Диалоговое окно **Подбор параметра** с данными для анализа безубыточности

Для начала введите для величины спроса в ячейку *D2* любое число. На вкладке **ДААННЫЕ** (DATA) в группе **Работа с данными** (Data Tools) в раскрывающемся списке **Анализ "что если"** (What-If Analysis) выберите инструмент **Подбор параметра** (Goal Seek). В диалоговом окне **Подбор параметра** (Goal Seek) заполните поля, как показано на рис. 17.2.

Данные, указанные в этом диалоговом окне, означают, что требуется изменять значение в ячейке *D2* (годовой спрос или продажи) до тех пор, пока значение в ячейке *D7* (прибыль) не будет равно 0. После нажатия кнопки **ОК** появится результат, показанный на рис. 17.1. Уровень безубыточности будет достигнут при продаже около 17 647 стаканов лимонада в год (или 48 стаканов в день). Для поиска целевого значения величина спроса в ячейке *D2* изменялась (чередованием между верхней и нижней границей) до тех пор, пока не было найдено значение, при котором прибыль равна 0 долларов. Если задача имеет несколько решений, инструмент **Подбор параметра** (Goal Seek) отображает только одно из них.

**Мы собираемся выплатить ипотеку в течение 15 лет. Годовая процентная ставка составляет 6%. Банк сообщил, что для нас допустимы максимальные ежемесячные выплаты в размере 2000 долларов. Какую сумму мы можем заимствовать?**

Для ответа на этот вопрос начнем создавать таблицу для вычисления величины ежемесячных платежей по 15-летней ипотеке (при условии выполнения платежей

в конце месяца) как функции годовой процентной ставки и пробной суммы заимствования. См. проделанную работу в файле Paymentgs.xlsx и на рис. 17.3.

В ячейку E6 введена формула расчета ежемесячного платежа  $=-ПЛТ(\text{годовая\_ставка\_процента}/12;\text{месяцы};\text{сумма\_заимствования})$ , связанного с суммой заимствования, которая вносится в ячейку E5. Заполнение полей в диалоговом окне **Подбор параметра** (Goal Seek), как показано на рис. 17.4, приведет к вычислению суммы заимствования при заданном размере ежемесячных платежей 2000 долларов. С лимитом 2000 долларов для ежемесячных платежей можно взять займы сумму до 237 007,03 долларов.

	D	E
1		
2		
3	месяцы	180
4	годовая ставка процента	0,06
5	сумма заимствования	\$ 237 007,03
6	ежемесячный платеж	\$2 000,00

Рис. 17.3. Данные для определения суммы заимствования с помощью инструмента **Подбор параметра** на основе заданного ежемесячного платежа

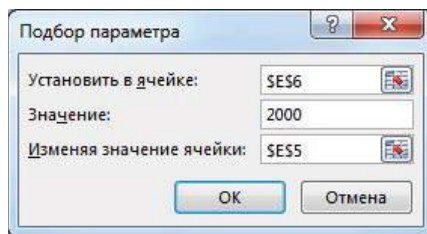


Рис. 17.4. Диалоговое окно **Подбор параметра** с данными примера с ипотекой

**Я всегда испытывал затруднения с сюжетными задачами по алгебре в средней школе. Может ли Excel упростить решение таких задач?**

На уроках алгебры в средней школе в большинстве сюжетных задач требовалось найти переменную (обычно ее называли  $x$ ), решив уравнение. Инструмент **Подбор параметра** (Goal Seek) представляет собой своеобразный решатель уравнений, так что он идеально подходит для решения сюжетных задач. Вот типичная школьная задача по алгебре:

*Мария и Эдмунд поссорились во время медового месяца в Сизтле. Мария вскочила в свою Mazda Miata и со скоростью 64 мили в час направилась к дому своей матери в Лос-Анджелесе. Два часа спустя Эдмунд запрыгнул в свой BMW и отправился по ее горячим следам со скоростью 80 миль в час. Сколько миль проедет каждый из них до того, как Эдмунд догонит Марию?*

Решение можно найти в файле Maria.xlsx, показанном на рис. 17.5.

	C	D
1		
2	время в пути Марии	10
3	скорость Марии	64
4	время в пути Эдмунда	8
5	скорость Эдмунда	80
6	длина пути Марии	640
7	длина пути Эдмунда	640
8	разница	0

Рис. 17.5. Решение сюжетных задач с помощью инструмента **Подбор параметра**

В поле **Установить в ячейке** (Set Cell) следует указать ячейку с разностью между расстоянием, которое успела проехать Мария, и расстоянием, которое проехал Эдмунд. В этой ячейке должно находиться значение 0, которое связано со временем, проведенным в пути Марией. Разумеется, Эдмунд провел в пути на два часа меньше, чем Мария.

Введите в ячейку D2 пробное количество часов, проведенное Марией в пути. Присвойте имена из ячеек C2:C8 ячейкам D2:D8. Поскольку Эдмунд был в пути на два часа меньше, чем Мария, введите в ячейку D4 формулу =*время\_в\_пути\_Марии*-2. В ячейках D6 и D7, вспомнив, что *расстояние = скорость × время*, вычислим путь, который проехали Мария и Эдмунд. Разность между этими величинами вычисляется в ячейке D8 по формуле =*длина\_пути\_Марии*-*длина\_пути\_Эдмунда*. Теперь можно заполнить поля в диалоговом окне **Подбор параметра** (Goal Seek), как показано на рис. 17.6.

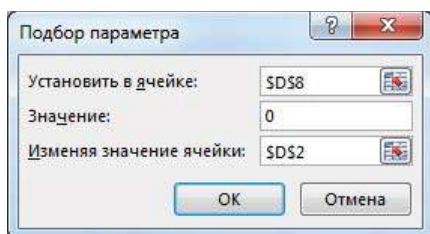


Рис. 17.6. Диалоговое окно **Подбор параметра** с данными для решения задачи по алгебре

Значение в ячейке D2 (время в пути Марии) изменяется до тех пор, пока разность (в ячейке D8) не будет равна 0. Как видно из рисунка, Мария проведет за рулем 10 часов до того, как ее догонит Эдмунд, бывший в пути 8 часов, и они оба преодолеют расстояние в 640 миль.

## Задания

1. По данным из задания 1 в *главе 16* определите, сколько книг в твердом переплете должно быть продано для достижения уровня безубыточности.
2. Для примера с чистой приведенной стоимостью (ЧПС) автомобиля в *главе 15* определите, каким должен быть ежегодный рост продаж для получения ЧПС в размере 1 млн долларов?
3. Для этого же примера из *главы 15* определите, какое значение себестоимости единицы продукции в первый год увеличит ЧПС до 1 млн долларов?
4. Пусть в примере с ипотекой необходимо взять заем в размере 200 000 долларов на 15 лет. Если максимальный платеж составляет 2000 долларов в месяц, насколько высока может быть годовая ставка процента?
5. Как с помощью инструмента **Подбор параметра** можно определить внутреннюю ставку доходности (ВД) проекта?

6. В конце каждого года из следующих 40 лет вы собираетесь класть 20 000 долларов в свой пенсионный фонд. Какова должна быть ставка доходности вашей инвестиции, которая позволит выйти через 40 лет на пенсию с 2 млн долларов на счету?
7. Вы собираетесь зарабатывать по 10% в год на инвестициях в пенсионный фонд. В конце каждого года в течение 40 лет вы собираетесь класть одну и ту же сумму денег в свой инвестиционный портфель. Какую сумму необходимо класть на счет каждый год для накопления 2 млн долларов к моменту выхода на пенсию?
8. Рассмотрим два проекта с денежными потоками, указанными в табл. 17.1.

Таблица 17.1

	Год 1	Год 2	Год 3	Год 4
Проект 1, долларов	-1000	400	350	400
Проект 2, долларов	-900	100	100	1000

При какой процентной ставке у первого проекта ЧПС будет больше? (Подсказка: найдите процентную ставку, при которой оба проекта имеют одинаковую ЧПС.)

9. Вы организуете конференцию в своем колледже. Постоянные затраты составляют 15 000 долларов. Кроме того, необходимо заплатить каждому из 10 докладчиков по 700 долларов и колледжу по 300 долларов за питание и проживание каждого участника конференции. Вы взимаете с каждого участника конференции, не являющегося докладчиком, по 900 долларов, которые пойдут на организационный взнос и расходы на питание и проживание. Сколько потребуется платных участников конференции для достижения уровня безубыточности?
10. Вы собираетесь купить 40 фунтов конфет. Некоторые конфеты продаются по цене 10 долларов за фунт, а другие — по 6 долларов за фунт. Сколько фунтов конфет по каждой из цен необходимо купить для получения средней цены 7 долларов за фунт?
11. Три электрика делают электропроводку в новом доме. Первый электрик выполнил бы эту работу самостоятельно за 11 дней. Второму электрику для этого необходимо 5 дней. Третий электрик выполнит работу самостоятельно за 9 дней. Если все три электрика будут работать вместе, сколько времени потребуется для завершения работ?
12. В ознаменование экспедиции Льюиса и Кларка вы пройдете на каноэ 40 миль вверх по течению и затем 40 миль вниз по течению. Скорость течения реки составляет 5 миль в час. Если весь поход занял 5 часов, с какой скоростью выплыли, если не учитывать скорость течения реки?
13. В главе 7 в файле NPV.xlsx было показано, что при высоких процентных ставках ЧПС больше у первого проекта, а при низких процентных ставках ЧПС больше у второго проекта. При какой процентной ставке оба проекта будут иметь одинаковое значение ЧПС?





# Анализ чувствительности с помощью *Диспетчера сценариев*

### Обсуждаемый вопрос

- ◆ Необходимо создать для компании наиболее благоприятный, наименее благоприятный и наиболее вероятный сценарии продаж модели автомобиля, изменяя значения объема продаж за первый год, годового роста продаж и продажной цены в первый год. В таблице данных для анализа чувствительности можно изменять только один или два входных параметра, поэтому для решения этой задачи таблица данных не подходит. Существует ли в Excel другой инструмент, который при анализе чувствительности позволяет изменять больше двух параметров?

Анализ чувствительности с возможностью изменения до 32 значений в ячейках с исходными данными позволяет выполнить **Диспетчер сценариев** (Scenario Manager). Сначала с помощью инструмента **Диспетчер сценариев** (Scenario Manager) определите набор ячеек с исходными данными, которые будут изменяться. Присвойте имена сценариям и введите значения для каждой исходной ячейки в каждом сценарии. Наконец, выберите ячейки для выходных данных (также называемые *ячейками с конечным результатом*), значения в которых требуется отследить. Тогда **Диспетчер сценариев** (Scenario Manager) создаст отчет, содержащий исходные данные и значения в ячейках выходных данных для каждого сценария.

### Ответ на вопрос в начале главы

---

В этом разделе приведен ответ на вопрос в начале главы.

Необходимо создать для компании наиболее благоприятный, наименее благоприятный и наиболее вероятный сценарии продаж модели автомобиля, изменяя значения объема продаж за первый год, годового роста продаж и продажной цены в первый год. В таблице данных для анализа чувствительности можно изменять только один или два входных параметра, поэтому для решения этой задачи таблица данных не подходит. Существует ли в Excel другой инструмент, который при анализе чувствительности позволяет изменять больше двух параметров?

Пусть необходимо создать три сценария (табл. 18.1), связанные с чистой приведенной стоимостью (ЧПС) автомобиля, для данных в примере из главы 15.

Таблица 18.1

	Объем продаж за год 1, долларов	Рост годового объема продаж, %	Продажная цена в год 1, долларов
Наиболее благоприятный вариант	20 000	20	10,00
Наиболее вероятный вариант	10 000	10	7,50
Наименее благоприятный вариант	5000	2	5,00

Для каждого сценария требуется отследить ЧПС компании и прибыль за каждый год после уплаты налогов. Данные к этому примеру находятся в файле NPVauditscenario.xlsx. На рис. 18.1 представлена модель листа (на листе Original Model), а на рис. 18.2 приведен отчет по трем сценариям (на листе Scenario Summary).

	A	B	C	D	E	F
1		ставка_налога	0,4			
2		продажи_год1	12000			
3		рост_продаж	0,05			
4		цена_год1	\$ 7,50			
5		себестоимость_год1	\$ 6,00			
6		процентная ставка	0,15			
7		рост_себестоимости	0,05			
8		рост_цены	0,03			
9	Год	1	2	3	4	5
10	продано единиц	12000	12600	13230	13891,5	14586,075
11	цена единицы	\$ 7,50	\$ 7,73	\$ 7,96	\$ 8,20	\$ 8,44
12	себестоимость единиц	\$ 6,00	\$ 6,30	\$ 6,62	\$ 6,95	\$ 7,29
13	выручка	\$ 90 000,00	\$ 97 335,00	\$ 105 267,80	\$ 113 847,13	\$ 123 125,67
14	затраты	\$ 72 000,00	\$ 79 380,00	\$ 87 516,45	\$ 96 486,89	\$ 106 376,79
15	прибыль до уплаты налогов	\$ 18 000,00	\$ 17 955,00	\$ 17 751,35	\$ 17 360,24	\$ 16 748,88
16	налоги	\$ 7 200,00	\$ 7 182,00	\$ 7 100,54	\$ 6 944,10	\$ 6 699,55
17	прибыль после уплаты налогов	\$ 10 800,00	\$ 10 773,00	\$ 10 650,81	\$ 10 416,15	\$ 10 049,33
18						
19	ЧПС	\$35 492,08				

Рис. 18.1. Данные, на которых основаны сценарии

Для определения наиболее благоприятного сценария откройте вкладку **ДАННЫЕ** (DATA) и в группе **Работа с данными** (Data Tools) в раскрывающемся списке **Анализ "что если"** (What-If Analysis) выберите инструмент **Диспетчер сценариев** (Scenario Manager). Нажмите кнопку **Добавить** (Add) и заполните поля в диалоговом окне **Добавление сценария** (Add Scenario), как показано на рис. 18.3.

Введите имя сценария (*Наиболее благоприятный*) и выберите ячейки C2:C4 как ячейки с исходными данными, содержащие определяющие сценарий значения. Нажмите кнопку **ОК** и в открывшемся диалоговом окне **Значения ячеек сценария** (Scenario Values) заполните поля входными значениями, определяющими наиболее благоприятный вариант (рис. 18.4).

Структура сценария		Текущие значения:		Наиболее благоприятный	Наиболее вероятный	Наименее благоприятный
<b>Изменяемые:</b>						
продажи_год1		12000		20000	12000	5000
рост_продаж		0,05		0,2	0,05	0,02
цена_год1	\$	7,50	\$	10,00	\$	7,50
<b>Результат:</b>						
\$B\$17	\$	10 800,00	\$	48 000,00	\$	10 800,00
\$C\$17	\$	10 773,00	\$	57 600,00	\$	10 773,00
\$D\$17	\$	10 650,81	\$	69 016,32	\$	10 650,81
\$E\$17	\$	10 416,15	\$	82 560,80	\$	10 416,15
\$F\$17	\$	10 049,33	\$	98 588,50	\$	10 049,33
\$B\$19		\$35 492,08		\$226 892,67		\$35 492,08
Примечания: столбец "Текущие значения" представляет значения изменяемых ячеек в момент создания Итогового отчета по Сценарию. Изменяемые ячейки для каждого сценария выделены серым цветом.						

Рис. 18.2. Отчет по сценариям

**Изменение сценария**

Название сценария:  
Наиболее благоприятный

Изменяемые ячейки:  
\$C\$2:\$C\$4

Чтобы добавить несмежную изменяемую ячейку, укажите ее при нажатой клавише Ctrl.

Примечание:

Защита

запретить изменения

скрыть

OK Отмена

Рис. 18.3. Исходные данные для наиболее благоприятного сценария

**Значения ячеек сценария**

Введите значения каждой изменяемой ячейки.

1: продажи\_год1 12000

2: рост\_продаж 0,20

3: цена\_год1 10,00

Добавить OK Отмена

Рис. 18.4. Определение исходных значений для наиболее благоприятного сценария

В диалоговом окне **Значения ячеек сценария** (Scenario Values) нажмите кнопку **Добавить** (Add) и аналогичным образом введите данные для наиболее вероятного и наименее благоприятного сценариев. После ввода данных для всех трех сценариев в диалоговом окне **Значения ячеек сценария** (Scenario Values) нажмите кнопку **ОК**. В диалоговом окне **Диспетчер сценариев** (Scenario Manager), показанном на рис. 18.5, перечислены созданные сценарии. В диалоговом окне **Диспетчер сценариев** (Scenario Manager) нажмите кнопку **Отчет** (Summary) и выберите ячейки с конечными результатами, которые должны отображаться в отчетах по сценариям. На рис. 18.6 показано, как в диалоговом окне **Отчет по сценарию** (Scenario Summary) выбрано для отслеживания значение прибыли за каждый год после уплаты налогов (ячейки B17:F17) и значение ЧПС (ячейка B19).

Так как ячейки с результатами B17:F17 и B19 находятся в несмежных диапазонах, их следует перечислить через точку с запятой. (Также несколько диапазонов ячеек

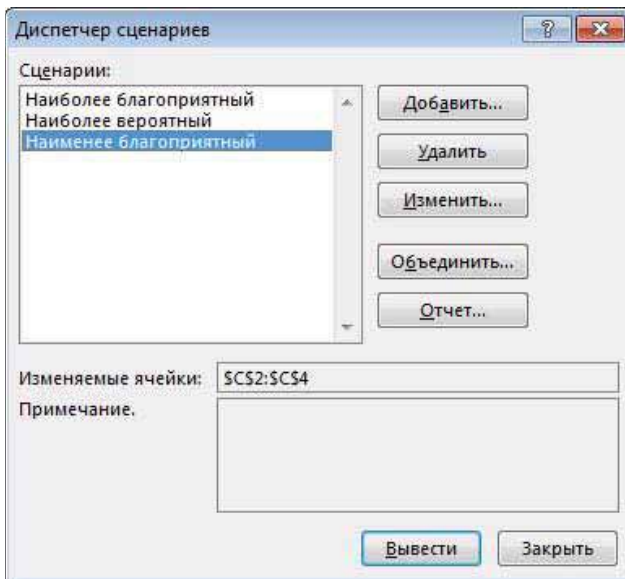


Рис. 18.5. Диалоговое окно **Диспетчер сценариев** со списком созданных сценариев

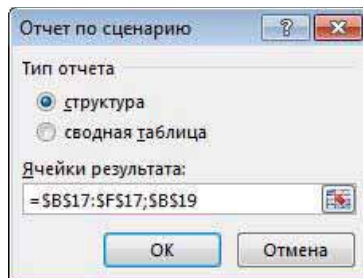


Рис. 18.6. Диалоговое окно **Отчет по сценарию** для выбора в отчет ячеек с результатами

можно выбрать и внести при нажатой клавише <Ctrl>.) Установите переключатель **Тип отчета** (Report type) в положение **структура** (Scenario Summary), а не **сводная таблица** (Scenario PivotTable Report) и нажмите кнопку **ОК**. В книге будет создан отчет **Структура сценария** (Scenario Summary), показанный ранее на рис. 18.2. Обратите внимание, что в отчет включен столбец, помеченный как **Текущие значения** (Current Values), для изначально указанных на листе значений. В наименее благоприятном сценарии компания несет убытки (в размере 13 345,75 долларов), в наиболее благоприятном — получает прибыль (в размере 226 892,67 долларов). Так как в наименее благоприятном сценарии цена ниже переменных затрат, компания теряет деньги каждый год.

## Замечания

- ◆ При установке в диалоговом окне **Отчет по сценарию** (Scenario Summary) переключателя в положение **сводная таблица** (Scenario PivotTable Report) результаты по сценариям представляются в формате сводных таблиц.
- ◆ Предположим, что вы выбрали сценарий в диалоговом окне **Диспетчер сценариев** (Scenario Manager) и затем нажали кнопку **Вывести** (Show). На листе появятся значения входных ячеек для выбранного сценария, и все формулы будут автоматически пересчитаны. Этот инструмент отлично подходит для презентации слайд-шоу сценариев.
- ◆ С помощью инструмента **Диспетчер сценариев** (Scenario Manager) трудно создать много сценариев, поскольку приходится вводить значения для каждого сценария отдельно. Большое количество сценариев можно создать с помощью моделирования по методу Монте-Карло (*см. главу 73*). При использовании метода Монте-Карло можно найти, например, вероятность того, что ЧПС денежных потоков проекта является неотрицательной. Это важный показатель, поскольку такая вероятность показывает, повышает ли проект стоимость компании.
- ◆ При нажатии на знак "минус" (-) в строке 5 отчета **Структура сценария** (Scenario Summary) строки с предполагаемыми значениями скрываются, а отображаются только результаты. При нажатии на знак "плюс" (+) отчет восстанавливается в полном объеме.
- ◆ Предположим, что вы отправили файл нескольким сотрудникам, и каждый из них добавил собственный сценарий. После того как каждый сотрудник вернет файл со сценариями, можно объединить все сценарии в одну книгу следующим образом: откройте версию книги каждого сотрудника, нажмите в исходной книге в диалоговом окне **Диспетчер сценариев** (Scenario Manager) кнопку **Объединить** (Merge) и затем выберите книги, содержащие сценарии, которые требуется объединить. Выбранные сценарии будут автоматически объединены в исходной книге.

## Задания

1. Удалите наиболее благоприятный сценарий и запустите еще один отчет по сценариям.
2. Добавьте сценарий с именем *Высокая цена (High Price)*, в котором значение цены в первый год равно 15 долларов, а для двух других входных величин оставьте наиболее вероятные значения.
3. Для примера с продажей лимонада из *главы 16* с помощью инструмента **Диспетчер сценариев (Scenario Manager)** создайте отчет, суммирующий прибыль для сценариев из табл. 18.2.

**Таблица 18.2**

Сценарий	Цена, долларов	Себестоимость, долларов	Постоянные затраты, долларов
Высокая себестоимость/высокая цена	5,00	1,00	65 000,00
Средняя себестоимость/средняя цена	4,00	0,75	45 000,00
Низкая себестоимость/низкая цена	2,50	0,40	25 000,00

4. Для примера с ипотечными платежами из *главы 16* с помощью инструмента **Диспетчер сценариев (Scenario Manager)** создайте отчет, сводящий в таблицу ежемесячные платежи для сценариев из табл. 18.3.

**Таблица 18.3**

Сценарий	Сумма заимствования, долларов	Годовая процентная ставка, %	Число ежемесячных платежей
Самый низкий платеж	300 000	4	360
Наиболее вероятный платеж	400 000	6	240
Самый высокий платеж	550 000	8	180

# Функции СЧЁТЕСЛИ, СЧЁТЕСЛИМН, СЧЁТ, СЧЁТЗ и СЧИТАТЬПУСТОТЫ

### Обсуждаемые вопросы

- ◆ Предположим, что у меня есть список исполненных по радио песен. Для каждой песни известен исполнитель, дата исполнения и продолжительность звучания. Как ответить на следующие вопросы о песнях из этого списка:
  - Сколько песен исполнил каждый певец?
  - Сколько песен было исполнено не моим любимым певцом?
  - Сколько песен имеет продолжительность звучания не меньше четырех минут?
  - Сколько песен имеют продолжительность звучания больше, чем средняя продолжительность звучания песен в списке?
  - Сколько песен было исполнено певцами, фамилии которых начинались с буквы S?
  - Сколько песен было исполнено певцами, чьи фамилии состоят из шести букв?
  - Сколько песен прозвучало после 15 июня 2005 г.?
  - Сколько песен прозвучало до 2009 г.?
  - Сколько было исполнено песен с продолжительностью звучания ровно четыре минуты?
  - Сколько песен с продолжительностью звучания ровно четыре минуты было исполнено моим любимым певцом?
  - Сколько песен с продолжительностью звучания от трех до четырех минут было исполнено моим любимым певцом?
- ◆ В более общем случае, как можно выполнить следующие операции:
  - подсчитать в диапазоне число ячеек, содержащих числа;
  - подсчитать число пустых ячеек в диапазоне;
  - подсчитать число непустых ячеек в диапазоне.

Часто возникает необходимость подсчитать в диапазоне число ячеек, отвечающих заданному критерию. Например, если на листе содержатся данные о продажах кос-



метики, может потребоваться информация о количестве сделок, заключенных продавцом по имени Дженнифер, или о количестве сделок, совершенных после 10 июня. Количество ячеек, соответствующих критериям, определенным на основе одной строки или столбца, можно подсчитать с помощью функции СЧЁТЕСЛИ (COUNTIF).

Синтаксис функции СЧЁТЕСЛИ:

СЧЁТЕСЛИ (диапазон; критерий)

где

- ◆ диапазон — диапазон ячеек, в котором необходимо подсчитать ячейки, отвечающие заданному критерию;
- ◆ критерий — число, дата или выражение, определяющее необходимость подсчета данной ячейки в диапазоне.

Синтаксис функции СЧЁТЕСЛИМН (COUNTIFS):

СЧЁТЕСЛИМН (диапазон\_условия1; условие1 [; диапазон\_условия2; условие2] ...)

Функция СЧЁТЕСЛИМН подсчитывает число строк, в которых ячейки из первого диапазона соответствуют первому условию, ячейки из второго диапазона соответствуют второму условию и т. д. Таким образом, функция СЧЁТЕСЛИМН позволяет проверять условия для нескольких столбцов или несколько условий для одного столбца. Другие функции, учитывающие несколько критериев, рассматриваются в *главах 20 и 48*.

Ключом к успешному применению функции СЧЁТЕСЛИ (и других подобных функций) является знание широкого спектра критериев, допустимых в Microsoft Excel. Типы используемых критериев проще всего объяснить на примерах. В дополнение к примерам с функцией СЧЁТЕСЛИ в этой главе представлены примеры использования функций СЧЁТ (COUNT), СЧЁТЗ (COUNTA) и СЧИТАТЬПУСТОТЫ (COUNTBLANK).

- ◆ Функция СЧЁТ возвращает число ячеек диапазона, содержащих числа.
- ◆ Функция СЧЁТЗ возвращает число непустых ячеек в диапазоне.
- ◆ Функция СЧИТАТЬПУСТОТЫ возвращает число пустых ячеек в диапазоне.

Как иллюстрацию применения этих функций рассмотрим базу данных (файл Rock.xlsx), в которой для каждой песни, прозвучавшей на радиостанции WKRP, содержатся следующие данные:

- ◆ исполнитель песни;
- ◆ дата исполнения песни;
- ◆ продолжительность звучания песни.

На рис. 19.1 показано подмножество данных.

	D	E	F	G
6	Номер песни	Исполнитель	Дата	Минуты
7	1	Eminem	21.05.2004	4
8	2	Eminem	15.04.2004	2
9	3	Cher	28.01.2005	2
10	4	Eminem	28.01.2005	4
11	5	Moore	05.11.2004	2
12	6	Cher	18.09.2004	4
13	7	Spears	15.04.2004	3
14	8	Spears	17.03.2005	3
15	9	Manilow	16.01.2005	4
16	10	Eminem	10.04.2005	4
17	11	Madonna	15.02.2004	3
18	12	Eminem	10.01.2004	4
19	13	Springsteen	10.04.2005	2
20	14	Spears	15.04.2004	4
21	15	Moore	08.07.2004	3
22	16	Madonna	26.06.2004	4
23	17	Spears	28.05.2005	3
24	18	Mellencamp	27.07.2005	5
25	19	Spears	18.09.2004	5
26	20	Madonna	08.07.2004	4

Рис. 19.1. Часть песенной базы данных для примеров с функцией СЧЁТЕСЛИ

## Ответы на вопросы в начале главы

В этом разделе приведены ответы на вопросы, перечисленные в начале главы.

### Сколько песен исполнил каждый певец?

Сначала выделите первую строку базы данных, диапазон D6:G6. Затем выделите всю базу данных, нажав комбинацию клавиш <Ctrl>+<Shift>+<↓>. На вкладке **ФОРМУЛЫ** (FORMULAS) в группе **Определенные имена** (Defined Names) выберите **Создать из выделенного** (Create From Selection) и установите переключатель в положение **в строке выше** (Top Row). Диапазон D7:D957 получит имя **Номер песни**, диапазон E7:E957 — имя **Исполнитель**, диапазон F7:F957 — имя **Дата** и диапазон G7:G957 — имя **Минуты**. Для определения числа песен, исполненных каждым певцом, скопируйте формулу =СЧЁТЕСЛИ(Исполнитель;B5) из ячейки C5 в ячейки C6:C12. В ячейке C5 теперь отображается число ячеек в диапазоне **Исполнитель**, значение в которых соответствует значению в ячейке B5 (Eminem). В базе находится 114 песен, исполненных Эминемом. Аналогично, Шер спела 112 песен и т. д. (рис. 19.2). Также можно подсчитать число песен, исполненных Эминемом, по формуле =СЧЁТЕСЛИ(Исполнитель;"Eminem"). Обратите внимание, что текст (например, Eminem) необходимо заключать в кавычки (") и что в критериях не учитывается регистр.

### Сколько песен было исполнено не Эминемом?

Для решения этой задачи необходимо знать, что в Excel комбинация символов <> интерпретируется как "не равно". Формула =СЧЁТЕСЛИ(Исполнитель;"<>Eminem"), введенная в ячейку C15, позволяет определить, что 837 песен в базе данных были исполне-

ны не Эминемом (рис. 19.3). Символы  $\langle \rangle$  Eminem необходимо заключить в кавычки, поскольку в Excel комбинация символов "не равно" ( $\langle \rangle$ ) интерпретируется как текст, и значение Eminem, конечно, тоже является текстом. Тот же результат можно получить по формуле  $\text{=СЧЁТЕСЛИ(Исполнитель;"<>"\&B5)}$ , в которой знак "амперсанд" (&) используется для объединения ссылки на ячейку B5 и оператора  $\langle \rangle$ .

	В	С
2	счет	9
3	счетз	18
4	считатьпустоты	2
5	Eminem	114
6	Cher	112
7	Moore	131
8	Spears	129
9	Mellencamp	115
10	Madonna	133
11	Springsteen	103
12	Manilow	114
13	Bcero	951

Рис. 19.2. Определение числа песен, исполненных каждым певцом, с помощью функции СЧЁТЕСЛИ

	В	С
15	Не Эминем	837
16	Песни $\geq 4$ минуты	477
17	Песни длиннее среднего	477
18	Певец с буквы S	232
19	Певец с 6 буквами в фамилии	243
20	Песни после 1.06.2005	98
21	Песни до 2009	951
22	Песни ровно 4 минуты	247
23	Песни ровно 5 минут	230
24	Песни Springsteen 4 минуты	24
25	Песни Madonna 3 или 4 минут	70

Рис. 19.3. Функция СЧЁТЕСЛИ в комбинации с оператором "не равно" ( $\langle \rangle$ )

### Сколько песен имеет продолжительность звучания не меньше четырех минут?

Число песен с продолжительностью звучания не менее четырех минут можно подсчитать по формуле  $\text{=СЧЁТЕСЛИ(Минуты;"\geq 4")}$  в ячейке C16. Символы  $\geq 4$  необходимо заключить в кавычки, поскольку комбинация символов "больше или равно" ( $\geq$ ) подобно комбинации  $\langle \rangle$  обрабатывается как текст. Как видно из рис. 19.3, дольше четырех минут звучало 477 песен.

### Сколько песен имеют продолжительность звучания больше, чем средняя продолжительность звучания песен в списке?

Для ответа на этот вопрос сначала вычислите среднюю продолжительность звучания песен по формуле  $\text{=СРЗНАЧ(Минуты)}$  в ячейке G5. Затем в ячейке C17 подсчитайте число песен с продолжительностью звучания больше средней по формуле  $\text{=СЧЁТЕСЛИ(Минуты;">"\&G5)}$ . Символ & используется для ссылки в критерии на другую ячейку (в данном случае, G5). Как видно из того же рисунка, дольше среднего звучали 477 песен, что соответствует числу песен, звучавших не менее четырех минут. Эти результаты совпадают, поскольку подразумевается, что продолжительность звучания каждой песни является целым числом. Таким образом, если песня звучала не меньше 3,48 минут, значит, она звучала не меньше 4 минут.

### Сколько песен было исполнено певцами, фамилии которых начинались с буквы S?

Для ответа на этот вопрос воспользуйтесь в критерии подстановочным символом "звездочка" (\*). Звездочка означает любую последовательность символов. Таким образом, по формуле  $\text{=СЧЁТЕСЛИ(Исполнитель;"S*")}$  в ячейке C18 подсчитываются все

песни, исполненные певцами, чьи фамилии начинаются с буквы S. (В критериях регистр не учитывается.) Певцы, фамилии которых начинаются с буквы S, исполнили 232 песни. Это просто общее число песен, исполненных Брюсом Спрингстином и Бритни Спирс ( $103 + 129 = 232$ ).

### **Сколько песен было исполнено певцами, чьи фамилии состоят из шести букв?**

Для этой задачи следует воспользоваться подстановочным символом "знак вопроса" (?), который означает любой символ. Следовательно, число песен, исполненных певцами с фамилиями из шести букв, можно вычислить в ячейке C19 по формуле =СЧЁТЕСЛИ(Исполнитель;"?????"). В результате получится 243 песни. (У двух исполнителей фамилии состоят из шести букв, у Бритни Спирс и у Эминема, которые в сумме исполнили 243 песни ( $129 + 114 = 243$ )).

### **Сколько песен прозвучало после 15 июня 2005 г.?**

В критериях, используемых в функциях СЧЁТЕСЛИ, даты обрабатываются на основе порядкового номера. (Более поздняя дата считается больше, чем более ранняя дата.) В ячейке C20 по формуле =СЧЁТЕСЛИ(Дата;">15/6/2005") подсчитано, что после 15 июня 2005 г. прозвучало 98 песен.

### **Сколько песен прозвучало до 2009 г.?**

Здесь критерий должен учесть все даты до 31 декабря 2008 г. включительно. Введите в ячейку C21 формулу =СЧЁТЕСЛИ(Дата;"<=31/12/2008"). Как показано на рис. 19.3, до начала 2009 г. была исполнена 951 песня (как оказалось, это все песни).

### **Сколько песен имело продолжительность звучания ровно четыре минуты?**

Вычислите в ячейке C22 число песен с продолжительностью звучания ровно четыре минуты по формуле =СЧЁТЕСЛИ(Минуты;4). По этой формуле вычисляется число ячеек в диапазоне G7:G957, содержащих значение 4. Как видно из рисунка, продолжительность звучания четыре минуты имеют 247 песен. Аналогичным образом, в ячейке C23 подсчитано, что 230 песен имеют продолжительность звучания пять минут.

### **Сколько песен с продолжительностью звучания ровно четыре минуты было исполнено Брюсом Спрингстином?**

Здесь необходимо подсчитать все строки, у которых в столбце Исполнитель находится значение Springsteen, а в столбце Минуты — значение 4. Поскольку для решения этой задачи одного критерия мало, воспользуемся функцией СЧЁТЕСЛИМН (COUNTIFS). Введите в ячейку C24 формулу =СЧЁТЕСЛИМН(Исполнитель;"Springsteen"; Минуты;4).

По этой формуле учитывается каждая строка, в которой указаны исполнитель Springsteen и продолжительность звучания 4 минуты. Брюс Спрингстин спел 24 песни, звучащие ровно 4 минуты. Возможно, вашей любимой песней Спрингстина является композиция "Thunder Road", но она звучит дольше четырех минут. Воспользуйтесь мастером функций для ввода формул с функцией СЧЁТЕСЛИМН. И не забывайте, что можно указать диапазон в формуле с помощью клавиши <F3>.

## Сколько песен с продолжительностью звучания от трех до четырех минут было исполнено Мадонной (Madonna)?

Поскольку речь идет о нескольких критериях, снова воспользуемся функцией СЧЁТЕСЛИМН. В ячейку C25 введите формулу =СЧЁТЕСЛИМН(Исполнитель; "Madonna"; Минуты; "<=4"; Минуты; ">=3") для подсчета всех строк, в которых указано, что Мадонна исполняла песни, звучавшие от трех до четырех минут. Это те самые строки, которые требуется подсчитать. В результате показано, что Мадонна исполнила 70 песен продолжительностью от трех до четырех минут. (Возможно, вашей любимой песней является "Crazy for You!".)

## Как подсчитать в диапазоне число ячеек, содержащих числа?

Число ячеек, содержащих числовое значение, можно подсчитать с помощью функции СЧЁТ (COUNT). Например, после ввода формулы =СЧЁТ(B5:C14) в ячейке C2 отображается значение 9, поскольку в диапазоне B5:C14 числа содержат девять ячеек (C5:C13). (См. рис. 19.2.)

## Как подсчитать число пустых ячеек в диапазоне?

Для подсчета пустых ячеек в диапазоне предназначена функция СЧИТАТЬПУСТОТЫ (COUNTBLANK). Например, после ввода формулы =СЧИТАТЬПУСТОТЫ(B5:C14) в ячейке C4 отображается значение 2, поскольку в диапазоне B5:C14 пробелы содержат две ячейки (B14 и C14).

## Как подсчитать число непустых ячеек в диапазоне?

Число непустых ячеек в диапазоне возвращает функция СЧЁТЗ (COUNTA). Например, после ввода формулы =СЧЁТЗ(B5:C14) в ячейке C3 отображается значение 18, поскольку в диапазоне B5:C14 восемнадцать непустых ячеек.

## Замечания

В оставшейся части книги для ответов на вопросы, связанные с двумя или несколькими критериями (например, сколько песен Бритни Спирс прозвучало до 10 июня 2005 г.), обсуждаются альтернативные методы:

- ◆ в главе 48 рассматриваются статистические функции в применении к базам данных;
- ◆ в главе 87 рассматриваются формулы для обработки массивов.

## Задания

Данные к заданиям находятся в файле Rock.xlsx.

1. Сколько прозвучало песен в исполнении не Бритни Спирс?
2. Сколько песен прозвучало до 15 июня 2004 г.?

3. Сколько песен прозвучало между 1 июня 2004 г. и 4 июля 2006 г.? Подсказка: возьмите разность значений, возвращенных двумя функциями СЧЁТЕСЛИ.
4. Сколько песен было исполнено певцами, чьи фамилии начинаются с буквы М?
5. Сколько песен было исполнено певцами, в именах которых содержится буква е?
6. Создайте формулу, которая всегда дает в результате число песен, исполняемых сегодня. Подсказка: используйте функцию СЕГОДНЯ().
7. В диапазоне ячеек D4:G15 подсчитайте ячейки, содержащие числовые значения. Сосчитайте пустые ячейки. Сосчитайте непустые ячейки.
8. Сколько песен Барри Манилоу (Barry Manilow) прозвучало в 2004 г.?
9. Сколько песен с продолжительностью звучания не менее 4 минут в исполнении Мэнди Мур (Mandy Moore) прозвучало в 2007 г. и ранее?
10. Сколько песен в исполнении Бритни Спирс с продолжительностью звучания три минуты прозвучало позже 2004 г.?
11. Файл NBA.xlsx содержит следующие данные:
  - в столбцах A и B находятся названия команд НБА и их кодовые номера. Например, команда с номером 1 представляет Атланту;
  - в столбце C указана команда хозяев поля для каждой игры;
  - в столбце D указана команда гостей для каждой игры;
  - в столбце E указаны очки, набранные командой хозяев поля;
  - в столбце F указаны очки, набранные командой гостей.На основе этих данных подсчитайте количество игр, в которых участвовала каждая команда.
12. В файле Matchthesecond.xlsx находится список имен. Некоторые имена встречаются несколько раз. Определите строку, в которой встречается, например, второе вхождение имени "Dave". Создайте лист, на котором можно ввести имя и целое положительное число (например,  $n$ ) и подсчитать строку, в которой введенное имя встречается в  $n$ -й раз.
13. В файле Numbers.xlsx содержится набор чисел. Подсчитайте, сколько этих чисел находится в интервале от 1 до 12 (включительно).



## ГЛАВА 20

# Функции СУММЕСЛИ, СРЗНАЧЕСЛИ, СУММЕСЛИМН и СРЗНАЧЕСЛИМН

### Обсуждаемые вопросы

◆ Я работаю менеджером по продажам в компании, торгующей декоративной косметикой, и суммирую данные по каждой торговой сделке: продавец, дата продажи, число проданных (или возвращенных) единиц товара и полученная общая сумма (или уплаченная за возвраты сумма). Мне необходимо ответить на следующие вопросы:

- Каков объем продаж в долларах для каждого продавца?
- Сколько единиц товара было возвращено?
- Каков объем продаж в долларах, начиная с 2005 г.?
- Сколько штук блеска для губ было продано? Какова выручка от продажи блеска для губ?
- Каков объем продаж в долларах для всех продавцов за исключением конкретного продавца?
- Каково среднее количество единиц проданного товара по всем сделкам, совершенным конкретным продавцом?
- Каков объем продаж помады в долларах для конкретного продавца?
- Каково среднее количество проданной помады (в единицах товара) по всем сделкам, совершенным конкретным продавцом?
- Каково среднее количество проданной помады (в единицах товара) по всем сделкам, совершенным конкретным продавцом, для сделок, по крайней мере, с 50-ю единицами товара?
- Каков объем продаж помады в долларах по всем сделкам, совершенным конкретным продавцом, для сделок на сумму свыше 100 долларов? Каков объем продаж в долларах для сделок на сумму менее 100 долларов?

Если требуется просуммировать все записи в одном столбце (или строке), которые соответствуют критерию, зависящему от другого столбца (или строки), воспользуйтесь функцией СУММЕСЛИ (SUMIF). Синтаксис функции:

СУММЕСЛИ (диапазон; критерий [; диапазон\_суммирования])

где:

- ◆ диапазон — диапазон ячеек, которые необходимо оценить в соответствии с критерием;



- ◆ критерий — это число, дата или выражение, определяющее, суммируется ли соответствующая ячейка в диапазоне суммирования;
- ◆ диапазон суммирования — диапазон ячеек, значения которых суммируются. Если диапазон суммирования опущен, то считается, что диапазон суммирования и диапазон совпадают.

Правила для критериев, указываемых в функции СУММЕСЛИ, идентичны правилам для функции СЧЁТЕСЛИ. Для получения дополнительной информации о функции СЧЁТЕСЛИ см. главу 19.

Функция СРЗНАЧЕСЛИ (AVERAGEIF) возвращает среднее значение для соответствующих критерию ячеек диапазона. Синтаксис функции: СРЗНАЧЕСЛИ(диапазон; условие [; диапазон\_усреднения]).

В Microsoft Excel 2013 имеется три функции (внедренные еще в Microsoft Excel 2007), с помощью которых можно отметить строки, отвечающие нескольким критериям: СЧЁТЕСЛИМН (рассматривалась в главе 19), СУММЕСЛИМН (SUMIFS) и СРЗНАЧЕСЛИМН (AVERAGEIFS). Другие функции, допускающие вычисления по нескольким критериям, рассматриваются в главе 48. Кроме того, вычисления по нескольким критериям можно выполнять с помощью функций для обработки массивов (см. главу 87).

Синтаксис функции СУММЕСЛИМН: СУММЕСЛИМН(диапазон\_суммирования; диапазон\_условий1; условия1 [; диапазон\_условий2; условия2] [; ...]). Функция СУММЕСЛИМН суммирует каждую запись из диапазона суммирования, удовлетворяющую всем указанным условиям: первому условию (на основе первого диапазона условий), второму условию (на основе второго диапазона) и т. д. Аналогично, функция СРЗНАЧЕСЛИМН имеет синтаксис: СРЗНАЧЕСЛИМН(диапазон\_суммирования; диапазон\_условий1; условия1 [; диапазон\_условий2; условия2] [; ...]).

Функция СРЗНАЧЕСЛИМН возвращает среднее значение для записей в диапазоне суммирования, удовлетворяющих всем указанным условиям: первому условию (на основе первого диапазона условий), второму условию (на основе второго диапазона) и т. д.

## Ответы на вопросы в начале главы

В этом разделе приведены ответы на вопросы, перечисленные в начале главы.

### Каков объем продаж в долларах для каждого продавца?

Данные для примеров, рассмотренных в этой главе, находятся в файле Makeup2007.xlsx. Подмножество этих данных представлено на рис. 20.1.

Как обычно, начнем с присвоения данным в столбцах с G по L соответствующих имен из ячеек G4:L4. Например, имя диапазона Продукт соответствует диапазону J5:J1904. Для вычисления общей суммы продаж, совершенных каждым продавцом (рис. 20.2), скопируйте формулу =СУММЕСЛИ(Имя;A5;Доллары) из ячейки B5 в ячейки B6:B13. По этой формуле суммируются все значения в столбце Доллары для записей со значением Emilee в столбце Имя. Как видно из рисунка, Эмили продала декоративной косметики на сумму 25 258,87 долларов. Безусловно, формула =СУММЕСЛИ(Имя; "Emilee";Доллары) даст тот же результат.

	G	H	I	J	K	L
4	Номер сделки	Имя	Дата	Продукт	Единицы товара	Доллары
5		1 Betsy	01.04.2004	lip gloss	45	\$ 137,20
6		2 Hallagan	10.03.2004	foundatio	50	\$ 152,01
7		3 Ashley	25.02.2005	lipstick	9	\$ 28,72
8		4 Hallagan	22.05.2006	lip gloss	55	\$ 167,08
9		5 Zaret	17.06.2004	lip gloss	43	\$ 130,60
10		6 Colleen	27.11.2005	eye liner	58	\$ 175,99
11		7 Cristina	21.03.2004	eye liner	8	\$ 25,80
12		8 Colleen	17.12.2006	lip gloss	72	\$ 217,84
13		9 Ashley	05.07.2006	eye liner	75	\$ 226,64
14		10 Betsy	07.08.2006	lip gloss	24	\$ 73,50
15		11 Ashley	29.11.2004	mascara	43	\$ 130,84
16		12 Ashley	18.11.2004	lip gloss	23	\$ 71,03
17		13 Emilee	31.08.2005	lip gloss	49	\$ 149,59
18		14 Hallagan	01.01.2005	eye liner	18	\$ 56,47
19		15 Zaret	20.09.2006	foundatio	-8	\$ (21,99)
20		16 Emilee	12.04.2004	mascara	45	\$ 137,39
21		17 Colleen	30.04.2006	mascara	66	\$ 199,65
22		18 Jen	31.08.2005	lip gloss	88	\$ 265,19

Рис. 20.1. Данные для примеров с функцией СУММЕСЛИ

	A	B	C
4	Имя	Объем продаж в долл.	
5	Emilee	\$ 25 258,87	
6	Hallagan	\$ 28 705,16	
7	Ashley	\$ 25 947,24	
8	Zaret	\$ 26 741,31	
9	Colleen	\$ 24 890,66	
10	Cristina	\$ 23 849,56	
11	Betsy	\$ 28 803,15	
12	Jen	\$ 29 050,53	
13	Cici	\$ 27 590,57	
14			
15			
16	Возвращенные товары (в ед.)		922
17	Объем продаж в долл., нач. с 2005 г.	\$	157 854,32
18	Продано блеска для губ в ед.		16333
19	Продано блеска для губ в долл.	\$	49 834,64
20	Объем продаж в долл.(не Jen)	\$	211 786,51
21	Помада в долл. (Jen)		3953
22	Помада, ср.кол-во ед. (Zaret)		33
23	Помада, ср.кол-во ед. (Zaret) ед.>=50		68
24	Помада сумма >=\$100 (Jen)		3583
25	Помада сумма <\$100 (Jen)		370
26	среднее количество единиц (Jen)		43,548
			43,548

Рис. 20.2. Результаты вычислений посредством функции СУММЕСЛИ

### Сколько единиц товара было возвращено?

В ячейке B16 по формуле `=СУММЕСЛИ(Единицы_товара;"<0";Единицы_товара)` суммируются все отрицательные числа в столбце Единицы товара (столбец К). Результат равен  $-922$ . Для отображения количества возвращенных единиц товара (922) поставьте в начале формулы знак "минус". Напомним, что если аргумент диапазон\_суммирования в вызове функции СУММЕСЛИ опущен, подразумевается, что этот аргумент совпадает с аргументом диапазон. Таким образом, в результате вычислений по формуле `=-СУММЕСЛИ(Единицы_товара;"<0")` также получится 922.

### Каков объем продаж в долларах, начиная с 2005 г.?

В ячейке B17 по формуле `=СУММЕСЛИ(Дата;">=1/1/2005";Доллары)` суммируются все записи в столбце Доллары (столбец L), содержащие дату не ранее 1/1/2005 в столбце Дата. Вычисления показывают, что начиная с 2005 г. было продано декоративной косметики на сумму 157 854,32 долларов.

### Сколько штук блеска для губ было продано? Какова выручка от продажи блеска для губ?

В ячейке B18 по формуле `=СУММЕСЛИ(Продукт;"lip gloss";Единицы_товара)` суммируются значения во всех ячейках столбца Единицы товара, для которых в столбце Продукт (столбец J) содержится текст "lip gloss". Как видно из рисунка, было продано 16 333 шт. блеска для губ. Это чистый объем продаж: сделки, по которым блеск для губ был возвращен, учитываются как отрицательные продажи.

Аналогично, в ячейке B19 по формуле `=СУММЕСЛИ(Продукт;"lip gloss";Доллары)` вычислена чистая сумма продаж блеска для губ — 49 834,64 долларов. Здесь суммы, связанные с возвратом товара, учтены как отрицательная выручка.

### Каков объем продаж в долларах для всех продавцов за исключением Джен?

В ячейке B20 по формуле `=СУММЕСЛИ(Имя;"<>Jen";Доллары)` складываются суммы в долларах для всех сделок, для которых в столбце Имя не указано имя Jen. Объем продаж декоративной косметики без учета продаж, совершенных Джен, составил 211 786,51 доллар.

### Каково среднее количество единиц проданного товара по всем сделкам, совершенным конкретным продавцом?

Здесь потребуется функция СРЗНАЧЕСЛИ. По формуле `=СРЗНАЧЕСЛИ(Имя;"Jen";Единицы_товара)` в ячейке B26 вычисляется среднее значение для всех записей в столбце Единицы товара, содержащих в столбце Имя значение Jen. Средний размер сделки Джен составляет 43,548 единиц товара. Это можно проверить в ячейке C26 также по формуле `=СУММЕСЛИ(Имя;"Jen";Единицы_товара)/СЧЁТЕСЛИ(Имя;"Jen")`.

### Каков объем продаж помады в долларах у Джен?

На этот раз в расчете учитываются два критерия (Имя="Jen" и Продукт="lipstick"). Таким образом, искомый объем продаж вычисляется в ячейке B21 по формуле

=СУММЕСЛИМН (Доллары;Имя;"Jen";Продукт; "lipstick"). Общая сумма всех сделок Джен по продаже помады составила 3953 доллара.

**Каково среднее количество проданной помады (в единицах товара) по всем сделкам, совершенным Зарет?**

Для расчета потребуется функция СРЗНАЧЕСЛИМН. Вычислите среднее количество в ячейке B22 по формуле =СРЗНАЧЕСЛИМН(Единицы\_товара;Имя;"Zaret";Продукт; "lipstick"). В сделках Зарет по продаже помады среднее количество проданных единиц товара составило 33 шт.

**Каково среднее количество проданной помады (в единицах товара) по всем сделкам, совершенным Зарет, для сделок, по крайней мере, с 50-ю единицами товара?**

Здесь снова потребуется функция СРЗНАЧЕСЛИМН, но необходимо добавить еще одно условие, обеспечивающее учет только тех сделок, для которых количество проданных единиц товара составляет не менее 50 единиц. В ячейку B23 введите формулу =СРЗНАЧЕСЛИМН(Единицы\_товара; Имя;"Zaret"; Продукт; "lipstick"; Единицы\_товара; ">=50"). Во всех сделках Зарет с помадой, в которых продано не менее 50 единиц товара, средний размер сделки составил 68 шт.

**Каков объем продаж помады в долларах по всем сделкам, совершенным конкретным продавцом, для сделок на сумму свыше 100 долларов? Каков объем продаж в долларах для сделок на сумму менее 100 долларов?**

Поскольку в дополнение к критериям (Имя="Jen" и Продукт="lipstick") здесь имеются некоторые утверждения о размере сделок в долларах, необходима функция СУММЕСЛИМН. В ячейке B24 вычислите общую сумму сделок, по которым Джен продала помаду и в которых сумма составила не меньше 100 долларов, по формуле =СУММЕСЛИМН(Доллары; Имя; "Jen"; Продукт; "lipstick"; Доллары; ">=100"). В таких сделках Джен продала помаду на сумму 3583 доллара. Для сделок с помадой на сумму менее 100 долларов результат вычислен в ячейке B25 по формуле =СУММЕСЛИМН(Доллары; Имя; "Jen"; Продукт; "lipstick"; Доллары; "<100") и составляет 370 долларов. Обратите внимание, что сумма 370 + 3583 соответствует общей долларовой выручке Джен от продаж помады, вычисленной в ячейке B21.

## Задания

---

1. Для каждого продукта определите общее количество проданных единиц товара и объем продаж в долларах.
2. Определите общую выручку, полученную до 10 декабря 2005 г.
3. Определите общее количество единиц товара, проданное продавцами, чьи фамилии начинаются с буквы С.
4. Определите общую выручку для продавцов, имена которых состоят из пяти букв.

5. Сколько единиц товара было продано всеми продавцами, за исключением Коллин?
6. Сколько единиц декоративной косметики было продано с 15 января 2004 г. до 15 февраля 2005 г.?
7. Файл NBA.xlsx содержит следующие данные:
  - в столбцах A и B находятся названия команд НБА и их кодовые номера. Например, команда с номером 1 представляет Атланту;
  - в столбце C указана команда хозяев поля для каждой игры;
  - в столбце D указана команда гостей для каждой игры;
  - в столбце E указаны очки, набранные командой хозяев поля;
  - в столбце F указаны очки, набранные командой гостей.

Исходя из этих данных, вычислите для каждой команды среднее количество набранных очков за игру и среднее количество проигранных очков.

8. В файле Toysrus.xlsx содержится объем продаж (в млн долларов) для каждого квартала 1997—2001 гг. и первых двух кварталов 2002 г. На основе этих данных вычислите индекс сезонности для каждого квартала года. Например, если средний объем продаж в первом квартале составил 80% от общего среднего объема продаж за квартал, индекс сезонности для первого квартала будет равен 0,8.
9. В файле Sumifrows.xlsx содержатся данные о продажах за несколько зимних, весенних, летних и осенних кварталов. Определите средний объем продаж для зимних, весенних, летних и осенних кварталов.
10. И вновь, на основе данных из файла Makeup2007.xlsx определите объем выручки от сделок по продаже не менее 50 единиц декоративной косметики.
11. Сколько штук блеска для губ продала Сиси в 2004 г.?
12. Каково среднее количество проданной Эмили основы под макияж?
13. Каков средний размер в долларах сделок Бетси по продаже основы под макияж после конца 2004 г.?
14. Какова общая сумма сделок Эшли, по которым было продано не менее 40 штук помады?
15. Создайте таблицу, содержащую объемы продаж каждого продукта каждым продавцом.
16. Создайте таблицу, в которой при вводе года отображаются объемы продаж по каждому продукту для каждого продавца в этом году.
17. На основе данных из файла Numbers.xlsx найдите общую сумму всех чисел не меньше 5 и не больше 15.
18. На основе данных из файла Numbers.xlsx найдите среднее значение всех чисел не меньше 10 и не больше 25.

# Функция СМЕЩ

### Обсуждаемые вопросы

- ◆ Как можно создать ссылку на диапазон ячеек, который отстоит от ячейки или другого диапазона на заданное число строк и столбцов?
- ◆ Как можно выполнить операцию поиска при помощи крайнего правого столбца таблицы вместо крайнего левого?
- ◆ Мне приходится довольно часто загружать данные о продажах программных продуктов, отображаемые по странам. Я должен отслеживать для Ирана выручку, затраты и количество проданных программных продуктов, но данные по Ирану не всегда находятся в одной и той же части листа. Можно ли создать формулу, в которой выручка, затраты и количество проданных программных продуктов выбираются всегда правильно?
- ◆ Каждый разрабатываемый компанией препарат проходит три этапа разработки. У меня есть список затрат по месяцам на каждый препарат, и я знаю продолжительность в месяцах каждого этапа разработки. Можно ли создать формулу, вычисляющую общие затраты для каждого препарата на каждом этапе разработки?
- ◆ Я управляю небольшим видеомагазином. На рабочем листе мой бухгалтер указал названия всех фильмов и количество копий на складе. К сожалению, он объединил информацию для каждого фильма в одной ячейке. Как мне переписать данные о количестве копий на складе для каждого фильма в отдельную ячейку?
- ◆ Как работает в Excel инструмент **Вычислить формулу**?
- ◆ Как написать формулу, всегда возвращающую последнее число в столбце?
- ◆ Как создать диапазон, автоматически включающий новые данные?
- ◆ Я ежемесячно составляю диаграммы по проданным единицам продукта компании. Каждый месяц я загружаю новые данные. Мне хотелось бы автоматически обновлять диаграмму. Как этого добиться?

Для создания ссылки на диапазон, отстоящий на заданное число строк и столбцов от ячейки или диапазона ячеек, предназначена функция СМЕЩ (OFFSET). По существу, при создании ссылки на диапазон ячеек сначала определяется опорная ячейка. Затем указывается число строк и столбцов от опорной ячейки до требуемой ячейки, начиная с которой должен быть создан диапазон. Например, при помощи функции СМЕЩ можно создать ссылку на диапазон ячеек, содержащий две строки и три столбца и начинающийся на два столбца правее и на одну строку выше текущей ячейки.

Число строк и столбцов, которые требуется отсчитать от опорной ячейки, можно вычислять при помощи других функций Microsoft Excel.

Синтаксис функции СМЕЩ:

`СМЕЩ(ссылка;смещ_по_строкам;смещ_по_столбцам[;высота][;ширина])`

- ◆ **ссылка** — опорная ячейка или диапазон ячеек, откуда отсчитывается смещение. Если указывается диапазон ячеек, ячейки должны быть смежные.
- ◆ **смещ\_по\_строкам** — число строк от опорной ячейки или диапазона до строки, в которой должен начинаться смещенный диапазон (строка, в которой находится левая верхняя ячейка в смещенном диапазоне). Если указано отрицательное число, отсчет производится вверх от опорной ячейки, если положительное — вниз. Например, если для аргумента **ссылка** указана ячейка C5 и для аргумента **смещ\_по\_строкам** указано значение -1, смещение произойдет в строку 4. Если для аргумента **смещ\_по\_строкам** указано значение +1, то смещение произойдет в строку 6. Если значение для **смещ\_по\_строкам** равно 0, смещенный диапазон начинается в строке 5.
- ◆ **смещ\_по\_столбцам** — число столбцов от опорной ячейки или диапазона до столбца, в котором должен начинаться смещенный диапазон. Отрицательное число означает смещение влево от опорной ячейки, положительное — вправо. Например, если для аргумента **ссылка** указана ячейка C5 и если для аргумента **смещ\_по\_столбцам** указано значение -1, смещение произойдет в столбец B. Если значение для **смещ\_по\_столбцам** равно +1, смещение произойдет в столбец D. Если значение для **смещ\_по\_столбцам** равно 0, смещенный диапазон начнется в столбце C.
- ◆ **высота** и **ширина** — необязательные аргументы, задающие количество строк и столбцов в смещенном диапазоне. Если аргумент **высота** или **ширина** опущен, функция СМЕЩ возвращает ссылку на диапазон, высота или ширина которого та же, что в аргументе **ссылка**.

## Ответы на вопросы в начале главы

В этом разделе приведены ответы на вопросы, перечисленные в начале главы.

**Как можно создать ссылку на диапазон ячеек, который отстоит от ячейки или другого диапазона на заданное число строк и столбцов?**

В файле Offsetexample.xlsx, представленном на рис. 21.1, находится несколько примеров с функцией СМЕЩ в действии.

Например, введите в ячейку B10 формулу, показанную в ячейке A10: `=СУММ(СМЕЩ(B7;-1;1;2;1))`. Вычисление начнется в опорной ячейке B7. Смещение произойдет на одну строку вверх и один столбец вправо, т. е. в ячейку C6. Затем будет выделен диапазон, состоящий из двух строк и одного столбца, а именно C6:C7. Функция СУММ возвратит сумму чисел в этом диапазоне:  $2 + 6 = 8$ . Два других примера (см. рис. 21.1) обрабатываются аналогичным образом. Далее показано, как применить функцию СМЕЩ для решения некоторых проблем крупных американских компаний.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
3		Примеры смещения									
4											
5											
6		1	2	3	4			1	2	3	4
7		5	6	7	8			5	6	7	8
8		9	10	11	12			9	10	11	12
9											
10	=СУММ(СМЕЩ(В7;-1;1;2;1))	8					=СУММ(СМЕЩ(Н6;0;1;3;2))	39			
11											
12											
13											
14		1	2	3	4						
15		5	6	7	8						
16		9	10	11	12						
17											
18	=СУММ(СМЕЩ(Е16;-2;-3;2;3))	24									

Рис. 21.1. Функция СМЕЩ в комбинации с функцией СУММ

**Как можно выполнить операцию поиска при помощи крайнего правого столбца таблицы вместо крайнего левого?**

На рис. 2.2 (см. книгу Lefthandlookup.xlsx) приведен список членов баскетбольной команды НБА Dallas Mavericks сезона 2002—2003 гг. и указан процент попаданий с игры для каждого игрока. Найти игрока с определенным процентом попаданий с игры можно было бы при помощи функции ВПР (VLOOKUP). Но здесь требуется *найти слева* процент попаданий с игры для игрока по его имени. Функция ВПР не может выполнить поиск слева, но ее можно заменить комбинацией функций ПОИСКПОЗ (MATCH) и СМЕЩ.

	A	B	C	D	E
4					
5		Поиск слева			
6				Имя	Попадания с игры, процентное отношение
7	Процент попаданий с игры	Игрок	Walt Williams		0,397
8		45,8%	Dirk Nowitzki		
9		41,8%	Michael Finley		
10		46,3%	Steve Nash		
11		39,5%	Nick Van Exel		
12		53,5%	Raef LaFrentz		
13		60,2%	Eduardo Najera		
14		51,2%	Shawn Bradley		
15		39,7%	Walt Williams		
16		44,4%	Adrian Griffin		
17		48,4%	Avery Johnson		
18		47,6%	Raja Bell		
19		66,7%	Evan Eschmeyer		
20		41,0%	Popeye Jones		
21		40,0%	Mark Strickland		
22		23,5%	Adam Harrington		

Рис. 21.2. Поиск слева при помощи функций ПОИСКПОЗ и СМЕЩ



Сначала введите имя игрока в ячейку D7 и затем воспользуйтесь опорной ячейкой B7 (заголовок Процент попаданий с игры) в функции СМЕЩ. Для поиска процента попаданий с игры указанного игрока сместитесь вниз под строку 7, там отображаются имена игроков. Здесь необходима функция ПОИСКПОЗ. Часть формулы =СМЕЩ(B7;ПОИСКПОЗ(D7;C\$8:C\$22;0);0), содержащая функцию ПОИСКПОЗ, вызовет смещение в строку с указанным именем игрока, а для смещения по столбцам задано значение 0. Поскольку для аргумента ссылка указана одна ячейка, а аргументы высота и ширина опущены, функция СМЕЩ также возвращает одну ячейку. И это ячейка с процентом попаданий с игры для указанного игрока.

Мне приходится довольно часто загружать данные о продажах программных продуктов, отображаемые по странам. Я должен отслеживать для Ирана выручку, затраты и количество проданных программных продуктов, но данные по Ирану не всегда находятся в одной и той же части листа. Можно ли создать формулу, в которой выручка, затраты и количество проданных программных продуктов выбираются всегда правильно?

В файле Asiansales.xlsx (рис. 21.3) содержатся данные о количестве проданных программных продуктов, выручке и переменных затратах по нескольким странам в Азии и на Ближнем Востоке. Каждый раз при загрузке ежемесячных финансовых отчетов местоположение данных на листе для каждой страны изменяется, так что необходима формула, которая всегда возвращает (для заданной страны) правильные значения количества проданных программных продуктов, выручки и переменных затрат.

	C	D	E	F	G
6	Страна/регион	Проданные ПП	Выручка	Переменные затраты	
7	India	541	\$ 4 328	\$ 1 082	
8	China	1000	\$ 5 000	\$ 2 000	
9	Iran	577	\$ 2 308	\$ 1 731	
10	Israel	454	\$ 3 632	\$ 1 362	
11	Japan	141	\$ 705	\$ 423	
12	Taiwan	221	\$ 1 105	\$ 663	
13	Thailand	223	\$ 1 115	\$ 446	
14	Indonesia	524	\$ 2 620	\$ 1 048	
15	Malaysia	328	\$ 1 968	\$ 984	
16	Vietnam	469	\$ 2 814	\$ 1 407	
17	Cambodia	398	\$ 1 990	\$ 796	
18					
19		Проданные ПП	Выручка	Переменные затраты	
20	Страна/регион	1	2	3	
21	Iran	577	2308	1731	

Рис. 21.3. Функция СМЕЩ для работы с данными, отображаемыми в разных частях листа

Требуемый результат можно получить, скопировав формулу =СМЕЩ(\$C\$6;ПОИСКПОЗ(\$C21;\$C\$7:\$C\$17;0);D20) из ячейки D21 в ячейки E21:F21. В этой формуле для аргумента ссылка установлена ячейка C6 (в которой содержатся слова Страна/регион) и указано смещение вправо на один столбец (значение в ячейке D20) для поиска количества проданных программных продуктов и вниз до строки, содержащей название стра-

ны, указанной в ячейке С21. В ячейке Е21 вместо ссылки на ячейку D20 теперь ссылка на ячейку Е20, в которой записано значение 2, следовательно, происходит смещение на два столбца вправо от столбца с к столбцу с выручкой. В ячейке Е21 вместо ссылки на D20 теперь ссылка на ячейку F20 со значением 3, следовательно, происходит смещение на три столбца вправо от столбца с к столбцу с переменными затратами.

**Каждый разрабатываемый компанией препарат проходит три этапа разработки. У меня есть список затрат по месяцам на каждый препарат, и я знаю продолжительность в месяцах каждого этапа разработки. Можно ли создать формулу, вычисляющую общие затраты для каждого препарата на каждом этапе разработки?**

В файле Offsetcost.xlsx находятся данные о ежемесячных затратах на разработку пяти препаратов. Для каждого препарата указано число месяцев, необходимое для завершения каждого этапа разработки. Часть этих данных представлена на рис. 21.4.

	B	C	D	E	F	G	H
1		Этап 1 длина	2	3	9	12	6
2		Этап 2 длина	2	8	5	4	12
3		Этап 3 длина	2	11	4	11	15
4		Этап 1 затраты	110	313	795	1167	615
5		Этап 2 затраты	142	789	465	397	1096
6		Этап 3 затраты	234	876	401	1135	1588
7							
8							
9	Код	Месяц	Препарат 1	Препарат 2	Препарат 3	Препарат 4	Препарат 5
10	1	янв.98	52	135	131	121	69
11	2	фев.98	58	120	77	60	68
12	3	мар.98	80	58	66	52	113
13	4	апр.98	62	56	78	61	146
14	5	май.98	130	126	98	118	94
15	6	июн.98	104	102	64	117	125
16	7	июл.98	121	59	115	112	137
17	8	авг.98	107	123	56	102	77
18	9	сен.98	80	88	110	85	93
19	10	окт.98	51	111	72	118	89
20	11	ноя.98	74	124	82	143	66
21	12	дек.98	76	107	99	78	66
22	13	янв.99	97	97	129	77	142
23	14	фев.99	118	63	83	148	94
24	15	мар.99	83	59	90	108	62

Рис. 21.4. Вычисление затрат на разработку на этапах 1—3 с помощью функции СМЕЩ

Цель — определить для каждого препарата общие затраты на каждом этапе разработки. В ячейках D4:D6 вычисляются общие затраты на разработку первого препарата для этапов 1—3. Вычислите затраты для первого препарата на первом этапе, указав в качестве ссылки опорную ячейку D10 и значение 0 для смещения по строкам и по столбцам. Для охвата всех затрат на первом этапе укажите для высоты ячейку с числом месяцев в первом этапе, а для ширины значение 1. Таким образом, затраты на первом этапе для первого препарата вычисляются в ячейке D4 по формуле

=СУММ(СМЕЩ(D10;0;0;D1;1)). Затем в ячейке D5 вычислите общие затраты для первого препарата на втором этапе по формуле =СУММ(СМЕЩ(D10;D1;0;D2;1)). Укажите как ссылку ячейку D10 (первый месяц затрат) и смещение вниз на количество строк, равное длине первого этапа, к началу второго этапа. Для включения всех затрат второго этапа укажите для аргумента *высота* значение в ячейке D2. Наконец, в ячейке D6 найдите затраты на разработку первого препарата на третьем этапе по формуле =СУММ(СМЕЩ(D10;D1+D2;0;D3;1)). В этой формуле сначала указывается первый месяц затрат и смещение вниз на число строк, равное суммарной длине первого и второго этапов, к началу третьего этапа. В ячейке D3 хранится число строк с затратами для третьего этапа. Далее скопируйте формулы из ячеек D4:D6 в ячейки E4:H6 для вычисления общих затрат на этапах 1—3 на разработку препаратов со второго по пятый. Например, для второго препарата общие затраты на первом этапе составили 313 долларов, на втором этапе — 789 долларов и на третьем этапе — 876 долларов.

**Я управляю небольшим видеوماгазином. На рабочем листе мой бухгалтер указал названия всех фильмов и количество копий на складе. К сожалению, он объединил информацию для каждого фильма в одной ячейке. Как мне переписать данные о количестве копий на складе для каждого фильма в отдельную ячейку?**

В файле *Moviestemp.xlsx* в диапазоне C2:C12 содержатся названия всех фильмов и число их копий на складе.

Как видно на рис. 21.5 (см. также лист *Movies* в книге *Movies.xlsx*), количество копий каждого фильма помещено в отдельные ячейки столбца B. Если бы количество копий было указано слева от названия фильма, задача была бы тривиальной; в этом случае следовало с помощью функции *НАЙТИ* (*FIND*) определить местоположение первого пробела, а затем при помощи функции *ЛЕВСИМВ* (*LEFT*) вернуть все символы слева от первого пробела. (См. в главе 5 способы применения функций *НАЙТИ* и *ЛЕВСИМВ*, а также других текстовых функций, при работе с текстом.) К сожалению, этот метод неприменим, если количество копий указано справа от названия фильма. Например, для названия, состоящего из одного слова, число копий находится справа от первого пробела, а для названия, состоящего из четырех слов, — справа от четвертого пробела.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	счетчик слов	Количество	Название и количество копий						
2		2	40 Seabiscuit 40	Seabiscuit		40			
3		4	12 Laura Croft Tombraider 12	Laura	Croft	Tombraide	12		
4		6	36 Raiders of the Lost Ark 36	Raiders	of	the	Lost	Ark	36
5		3	5 Annie Hall 5	Annie	Hall		5		
6		2	4 Manhattan 4	Manhattan		4			
7		3	112 Star Wars 112	Star	Wars		112		
8		4	128 How to Deal 128	How	to	Deal		128	
9		4	1 The Matrix Reloaded 1	The	Matrix	Reloaded		1	
10		3	1040 Johnny English 1040	Johnny	English		1040		
11		3	12 Rosemary's Baby 12	Rosemary's	Baby		12		
12		3	1002 High Noon 1002	High	Noon		1002		

Рис. 21.5. Функция *СМЕЩ* в примере с фильмами

Один из способов решения этой проблемы состоит в следующем: после выделения исходного диапазона откройте на ленте Excel вкладку **ДАННЫЕ** (DATA), в группе **Работа с данными** (Data Tools) выберите инструмент **Текст по столбцам** (Text To Columns) и поместите каждое слово из названия фильма и число копий в отдельные столбцы. Затем при помощи функции **СЧЁТЗ** (COUNTA) подсчитайте число слов в названии, включая число копий как слово, для каждого фильма. Затем при помощи функции **СМЕЩ** определите местонахождение числа копий.

Сначала вставьте достаточное количество столбцов справа от данных для размещения каждого слова названия фильма и числа копий в отдельном столбце. Потребуется шесть столбцов (для фильма с названием *Raiders of the Lost Ark*), как показано на рис. 21.5. Затем необходимо выделить диапазон C2:C12 и выбрать на вкладке **ДАННЫЕ** (DATA) инструмент **Текст по столбцам** (Text To Columns). В диалоговом окне **Мастер распределения текста по столбцам** (Convert Text To Columns Wizard) установите переключатель в положение **с разделителями** (Delimited) и укажите в качестве символа-разделителя пробел. Затем укажите в поле **Поместить** в целевую ячейку D2, и в столбцах D—I появится результат (см. рис. 21.5).

Теперь сосчитайте число слов в каждой ячейке с полным названием фильма (пусть число копий тоже считается словом) путем копирования формулы =СЧЁТЗ(D2:I2) из ячейки A2 в ячейки A3:A12. Результат см. на рис. 21.5.

Наконец, для определения числа копий каждого фильма на складе скопируйте формулу =СМЕЩ(C2;0;A2) из ячейки B2 в ячейки B3:B12. По этой формуле от опорной ячейки, содержащей название фильма, происходит смещение на число столбцов, равное числу слов в ячейке с названием. Поскольку в этой функции **СМЕЩ** для аргумента ссылка указана только одна ячейка, а не диапазон, аргументы **высота** и **ширина** можно опустить. Таким образом, функция возвращает только ячейку, содержащую последнее слово в ячейке с названием, а именно число копий.

Кроме того, как показано на рис. 21.6 и на рабочем листе, для извлечения числа копий каждого фильма можно применить инструмент **Мгновенное заполнение** (Flash Fill). Введите 40 в ячейку D2 и 12 в ячейку D3; нажмите клавишу <Enter> и затем клавиши <Ctrl>+<E>.

	C	D
1	Название и количество копий	Количество
2	Seabiscuit 40	40
3	Laura Croft Tombraider 12	12
4	Raiders of the Lost Ark 36	36
5	Annie Hall 5	5
6	Manhattan 4	4
7	Star Wars 112	112
8	How to Deal 128	128
9	The Matrix Reloaded 1	1
10	Johnny English 1040	1040
11	Rosemary's Baby 12	12
12	High Noon 1002	1002

Рис. 21.6. Извлечение числа копий на складе с помощью инструмента **Мгновенное заполнение**

## Как работает в Excel инструмент *Вычислить формулу*?

Если выделить в ячейке любую часть формулы и затем нажать клавишу <F9>, автоматически отобразится значение, вычисленное по этой части формулы. После просмотра вычисленного значения необходимо нажать клавишу <Esc>, иначе произойдет замещение формулы вычисленным значением. Этот прием упрощает поиск ошибок и восприятие сложных формул. Таким образом, если применить этот прием к любой из формул, описанных в *данной главе*, возможно, будет проще понять, что происходит в части формулы с функцией СМЕЩ. Например, в файле Offsetcost.xlsx в ячейке E4 генерируются общие затраты на первом этапе по формуле =СУММ(СМЕЩ(E10;0;0;E1;1)). Если выделить часть формулы СМЕЩ(E10;0;0;E1;1) и нажать клавишу <F9>, в строке формул появится =СУММ({135;120;58}), следовательно, в части формулы с функцией СМЕЩ в ячейке D4 используются правильные ячейки (D10:D12). Удостоверьтесь, что нажали клавишу <Esc> для завершения этой процедуры, иначе формула будет изменена!

Еще один способ рассмотреть работу сложной формулы — воспользоваться инструментом **Вычислить формулу** (Evaluate Formula). Выделите ячейку E4 и откройте вкладку **Формулы** (Formulas). В группе **Зависимости формул** (Formula Auditing) выберите **Вычислить формулу** (Evaluate Formula). Откроется диалоговое окно **Вычисление формулы** (Evaluate Formula) — рис. 21.7. Нажимайте кнопку **Вычислить** (Evaluate), и формула будет вычисляться пошагово, пока не появится окончательный результат. После второго нажатия формула будет выглядеть как =СУММ(\$E\$10:\$E\$12), что позволяет удостовериться в правильности выбора в ячейке E4 ячеек с данными для первого этапа разработки второго препарата.

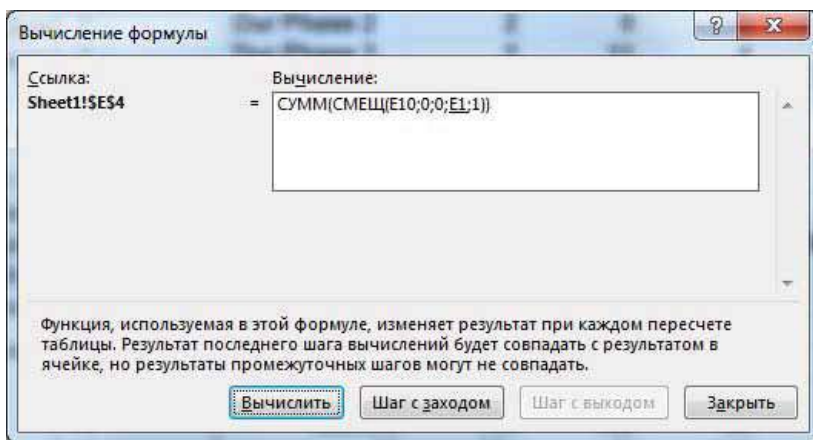


Рис. 21.7. Диалоговое окно **Вычисление формулы**

## Как написать формулу, всегда возвращающую последнее число в столбце?

Если часто приходится загружать новые данные на лист, сможете ли вы написать формулу, которая всегда будет возвращать продажи за последний месяц? (См. файл Mostrecent.xlsx и рис. 21.8.)

	В	С	Д	Е
3			Последний период	
4			110	
5				
6	Продажи			
7	20			
8	3			
9	40			
10	50			
11	60			
12	90			
13	110			

Рис. 21.8. Поиск последнего числа в столбце

В ячейку D4 введите формулу `=СМЕЩ(В6;СЧЁТ(В:В);0;1;1)`.

По этой формуле от ячейки B6 отсчитывается смещение вниз на число строк, равное количеству числовых значений в столбце В. Целевая ячейка соответствует продажам за последний месяц. Она и возвращается функцией, поскольку указанные значения для аргументов (1, 1) означают возврат одной ячейки.

### Как создать диапазон, автоматически включающий новые данные?

Тот, кто работает с Excel, часто добавляет строки или столбцы данных в диапазон данных, используемый для создания сводных таблиц или для выполнения какого-либо другого анализа. Как правило, эти пользователи просто обновляют диапазон ячеек, на который ссылается формула, и затем перезапускают анализ. Однако при использовании имен динамических диапазонов обновлять диапазон данных, на который есть ссылка в формуле или сводной таблице, не придется. Такой диапазон обновляется автоматически. Далее приведен пример динамического диапазона.

В файле `Dynamicrange.xlsx` находятся записи из базы данных отдела кадров (рис. 21.9).

	А	В	С	Д	Е	Ф	Г
1	Имя	Зарплата	Опыт работы	Пол			
2	John	35500	3	М			
3	Jack	42300	4	М			
4	Jill	53426	5	Ф			
5	Erica	56000	6	Ф			
6	JR	62000	8	М			
7	Bianca	49000	10	Ф			
8	Francis	52000	5	М			
9	Roger	56000	7	М			
10	Maggie	42000	4				
11							448278

Рис. 21.9. Пример динамического диапазона

В настоящее время данные содержатся в девяти строках и четырех столбцах. Не плохо было бы создать диапазон, автоматически включающий новые строки и столбцы при добавлении новых сотрудников или полей данных в базу данных.

Для создания динамического диапазона откройте вкладку **ФОРМУЛЫ** (FORMULAS) и в группе **Определенные имена** (Defined Names) выберите инструмент **Диспетчер имен** (Name Manager). Нажмите кнопку **Создать** (New) и определите диапазон (рис. 21.10).

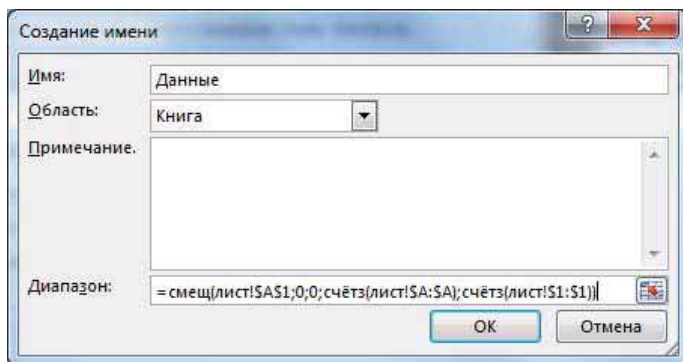


Рис. 21.10. Создание динамического диапазона

Диапазон начинается в левом верхнем углу: ячейка A1. Поскольку ячейка A1 должна быть левым верхним углом именованного диапазона, укажите для аргументов `смест_по_строкам` и `смест_по_столбцам` значение 0. В выделенном диапазоне число строк равно числу непустых записей в столбце A, а число столбцов — числу непустых записей в строке 1. Таким образом, при добавлении сотрудников или полей данных формула будет охватывать их автоматически. Знаки доллара (\$) необходимы, поскольку в этом случае определяемый диапазон не сдвинется при перемещении по листу.

Для проверки введите в ячейку G11 формулу `=СУММ(Данные)`. К настоящему моменту по этой формуле все числа в диапазоне A1:D10 дают в сумме 448 278 долларов.

Теперь добавьте имя Meredith в строку 11, введите заработную плату 10 000 долларов в ячейку B11, введите переменную для ошибок (добавьте слово `Ошибки`) в ячейку E1 и введите 1000 в ячейку E11. Формула `=СУММ(Данные)` теперь охватывает значения 10 000 и 1000, и значение в ячейке автоматически обновляется до 459 278 долларов.

**Я ежемесячно составляю диаграммы по объемам продаж в штуках для продукта компании. Каждый месяц я загружаю новые данные. Мне хотелось бы автоматически обновлять диаграмму. Как этого добиться?**

Книга `Chartdynamicrange.xlsx` (рис. 21.11) содержит данные об объемах продаж продукта компании в штуках. Как видно из рисунка, по этим данным составляется диаграмма разброса (XY-диаграмма).

Новые данные о продажах загружаются, начиная со строки 19. Существует ли простой способ, позволяющий удостовериться в автоматическом включении в диаграмму новых данных?

Ключом к обновлению диаграммы является создание с помощью функции `СМЕЩ` имен динамических диапазонов для столбцов `Месяцы` и `Объем продаж в шт.` При вводе

новых данных динамический диапазон для объема продаж будет автоматически включать все данные о продажах, а динамический диапазон для месяцев будет содержать номер каждого месяца. После создания этих диапазонов можно изменить диаграмму, заменив используемые в диаграмме диапазоны данных новыми динамическими диапазонами. Тогда при вводе новых данных диаграмма также будет обновляться.



Рис. 21.11. Динамическое обновление диаграммы с помощью функции СМЕЩ

Сначала на вкладке **ФОРМУЛЫ** (FORMULAS) в группе **Определенные имена** (Defined Names) выберите **Присвоить имя** (Define Name) для открытия диалогового окна **Создание имени** (New Name). Создайте диапазон с именем `Объем_продаж`, заполнив поля, как показано на рис. 21.12.

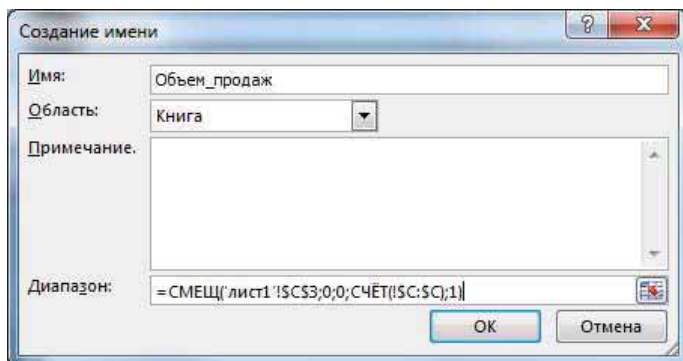


Рис. 21.12. Создание динамического диапазона для объема продаж

В поле **Диапазон** (Refers to) введите `=СМЕЩ('лист1'!$C$3;0;0;СЧЁТ('!$C:$C);1)`. Будет создан диапазон шириной в один столбец с началом в ячейке C3, которая содержит первую точку данных об объемах продаж. В диапазоне будет столько чисел, сколько в столбце C, поскольку он порожден частью формулы `СЧЁТ('!$C:$C)`. Вве-



денные в столбец с новые данные будут автоматически включены в диапазон Объем\_продаж.

Затем для месяцев, вводимых в столбец в, создайте динамический диапазон с именем Месяц. Формула представлена на рис. 21.13.

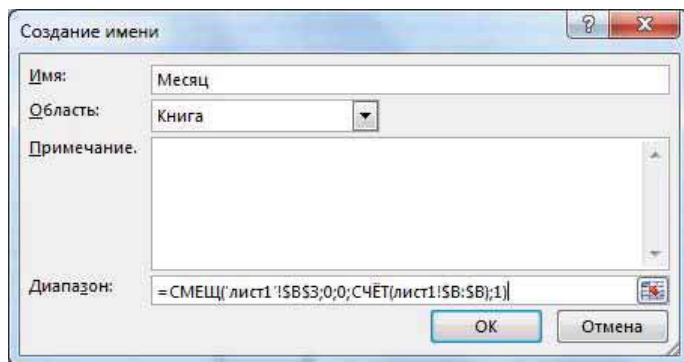


Рис. 21.13. Формула для создания динамического диапазона с именем Месяц

Теперь нажмите любую точку на диаграмме. В строке формул появится формула `=РЯД(лист1!$C$2;лист1!$B$3:$B$18;лист1!$C$3:$C$18;1)` с функцией РЯД (SERIES). Таким способом в Excel извлекаются данные, необходимые для построения диаграммы. Замените диапазоны `$B$3:$B$18` и `$C$3:$C$18` именами динамических диапазонов следующим образом:

`=РЯД(лист1!$C$2; Chartdynamicrange.xlsx!Месяц; Chartdynamicrange.xlsx!Объем_продаж; 1)`

Этот метод неприменим, если над любыми новыми данными находится пробел. Введите какие-либо новые данные и посмотрите, как они будут включены в диаграмму.

## Замечания

В Excel автоматическое включение новых данных в диаграммы и формулы обеспечивает инструмент **Таблица** (Table). Этот инструмент рассмотрен в главе 25.

## Задания

1. В файле C21p1.xlsx содержатся данные об объемах продаж в штуках для 11 продуктов с 1999 по 2003 гг. Напишите формулу с функциями `ПОИСКПОЗ` и `СМЕЩ`, определяющую продажи заданного продукта в заданном году. Как решить эту задачу без использования функций `ПОИСКПОЗ` и `СМЕЩ`?
2. Широко используемое правило торговли по скользящим средним звучит так: покупай акцию, когда ее цена превысит средний показатель за последние  $D$  месяцев, и продавай ее, когда цена упадет ниже среднего показателя за последние  $D$  месяцев. В главе 11 было показано, что для  $D = 15$  это торговое правило пре-

- возшло по эффективности долгосрочное инвестирование согласно биржевому индексу Standard&Poor's 500 на значительную сумму. Объединив однонаправленную таблицу данных с функцией СМЕЩ, определите значение  $D$ , максимально увеличивающее торговую прибыль (без учета транзакционных издержек). Соответствующие данные находятся в файле Matradingrule.xlsx.
3. Широко используемое правило торговли по скользящим средним звучит так: покупай акцию, когда ее цена превысит средний показатель за последние  $B$  месяцев, и продавай ее, когда цена упадет ниже среднего показателя за последние  $S$  месяцев. В главе 11 было показано, что для  $B = S = 15$  это торговое правило превзошло по эффективности долгосрочное инвестирование согласно биржевому индексу Standard&Poor's 500 на значительную сумму. Объединив двунаправленную таблицу данных с функцией СМЕЩ, определите значения  $B$  и  $S$ , максимально увеличивающие торговую прибыль (без учета транзакционных издержек). Соответствующие данные находятся в файле Matradingrule.xlsx.
  4. В файле Lagged.xlsx содержатся данные о количестве рекламных объявлений в журнале, размещенных вербовочным пунктом армии США в течение 60 идущих подряд месяцев. Для каждого месяца количество рекламных объявлений с  $k$ -месячной задержкой определяется как количество объявлений, размещенных  $k$  месяцев назад. Для месяцев с 7-го по 60-й необходимо вычислить значения для количества объявлений с задержкой 1—6 месяцев. Для эффективного вычисления этих значений используйте функцию СМЕЩ.
  5. В файле Verizondata.xlsx хранятся данные о продажах телефонов Verizon в пяти регионах. Найдите эффективный способ ввода в одной строке региона, типа телефона и объемов продаж каждого типа телефона для каждой из 20 комбинаций "регион—продукт".
  6. В файлах Agingdata.xlsx и s21\_6.xlsx находятся данные о прогнозируемом количестве претензий по страхованию, которые могут поступать ежедневно, и о количестве имеющихся в распоряжении сотрудников страховой компании. За один день сотрудник может обработать до 30 претензий. В первую очередь сотрудники обрабатывают самые старые претензии в системе. Ячейки H6:AL6 содержат количества претензий, находящихся в системе на 1 января, до поступления новых претензий. Создайте лист для отслеживания сроков давности претензий. Сколько 1-дневных, 2-дневных, ..., 30-дневных и более давних претензий находится в системе?
  7. Каждая строка в файле DVDsales.xlsx содержит ежемесячные продажи DVD-дисков. Напишите формулу, определяющую объем продаж для каждого DVD-диска в течение первых шести месяцев после выхода на рынок.
  8. Для расчета гандикапа игрока в гольф берется среднее значение 10 самых слабых раундов из последних 20 раундов. Затем из среднего значения очков вычитается 80, и результат округляется до ближайшего целого числа. Таким образом, если 10 самых слабых раундов из последних 20 принесли 864 очка, гандикап будет равен 6. В файле Golfdata.xlsx содержатся набранные игроком в гольф очки. Начиная со строки 24, вычислите гандикап игрока в гольф после каждого раунда.

- Предполагается, что если десятый лучший результат среди последних 20 раундов встречается несколько раз, все раунды с этим числом очков включаются в расчет гандикапа. Отметим также, что в Excel функция ОКРУГЛ (ROUND) округляет  $x$  до ближайшего целого числа ( $=\text{ОКРУГЛ}(x; 0)$ ).
9. Каждая строка файла Carsumdata.xlsx содержит данные о продажах продукта (автомобиля, поезда или самолета) с января по июль. Месяц и продукт вводятся на листе. Напишите формулу, вычисляющую общий объем продаж этого продукта в заданном месяце.
  10. Файл Verizon.xlsx содержит ежемесячные отчетные данные по операциям на складе Verizon. С помощью функции СМЕЩ запишите все результаты операций за январь в один столбец, за февраль в другой столбец и т. д.
  11. В файле Casesensitive.xlsx содержатся коды продуктов и цены на продукты. Обратите внимание, что при обработке кодов продуктов необходимо учитывать регистр. Например, продукт DAG32 отличается от продукта dag32. Напишите формулу, предоставляющую цену продукта по его коду. Подсказка: возможно, потребуется функция СОВПАД (EXACT). Формула  $=\text{СОВПАД}(\text{текст1}; \text{текст2})$  возвращает значение ИСТИНА, если текст1 и текст2 совпадают. Функция СОВПАД различает прописные и строчные буквы.
  12. Файл Reversed.xlsx содержит столбец чисел. С помощью функции СМЕЩ запишите числа в обратном порядке: последнее первым, предпоследнее вторым и т. д.
  13. В файле Diagonal.xlsx находится матрица чисел. Определите, как поместить диагональные элементы матрицы в один столбец.
  14. В файле Yeartodate.xlsx находятся данные о ежемесячных продажах компании за 2008—2014 гг. Напишите формулу, вычисляющую совокупные продажи на данное число для заданного года и месяца. Например, если ввести 6 для месяца и 2010 для года, то по формуле должен быть вычислен общий объем продаж за январь—июнь 2010 г.
  15. Покажите, как можно создать диаграмму ежемесячных продаж, на которой всегда отображаются продажи за последние шесть месяцев.
  16. В файле Transactiondata.xlsx содержатся данные о торговых сделках подразделений A, B, C, D и E фармацевтической компании. С помощью функции СМЕЩ перенесите объемы продаж каждого подразделения в одну строку.

# Функция ДВССЫЛ

## Обсуждаемые вопросы

- ◆ Мои формулы на рабочем листе часто содержат ссылки на ячейки или диапазоны ячеек или на то и другое. Вместо замены ссылок в формулах можно ли поместить эти ссылки в собственные ячейки и быстро заменять в них ссылки без изменения базовых формул?
- ◆ На каждом листе книги в ячейке D1 записываются ежемесячные продажи продукта. Можно ли написать и скопировать формулу для записи продаж продукта за каждый месяц на одном листе?
- ◆ Предположим, что я суммирую стоимости в диапазоне A5:A10 по формуле =СУММ(A5:A10). Если я вставлю пустую строку где-либо между строками 5 и 10, моя формула будет автоматически обновлена до =СУММ(A5:A11). Каким образом следует составить формулу, которая при вставке пустой строки между строками 5 и 10 по-прежнему суммировала бы стоимости в исходном диапазоне A5:A10?
- ◆ Как с помощью функции ДВССЫЛ в формуле прочитать часть формулы как имя диапазона?
- ◆ Книга содержит продажи по каждому продукту компании в разных странах. Как объединить эти данные на одном листе?
- ◆ Как составить список всех листов в книге?

Функция ДВССЫЛ (INDIRECT) — вероятно, одна из самых сложных для освоения функций Microsoft Excel. Однако умение использовать эту функцию позволяет решать многие, казалось бы, неразрешимые проблемы. По существу, любая ссылка на ячейку в формуле с ДВССЫЛ обеспечивает немедленное вычисление ссылки на ячейку и приравнивание содержимого ячейки. Для иллюстрации использования ДВССЫЛ см. файл Indirectsimpleex.xlsx (рис. 22.1).

В ячейку C4 введите формулу =ДВССЫЛ(A4). Программа Excel возвратит значение 6, поскольку ссылка на ячейку A4 незамедлительно заменяется текстовой строкой "B4",

	A	B	C
3		Значение	Косвенная ссылка
4	B4	6	6
5	B5	9	9

Рис. 22.1. Простой пример с функцией ДВССЫЛ

и формула вычисляется как =B4, что дает в результате значение 6. Аналогично, после ввода формулы =ДВССЫЛ(A5) в ячейку C5 будет возвращено значение в ячейке B5, равное 9.

## Ответы на вопросы в начале главы

В этом разделе приведены ответы на вопросы, перечисленные в начале главы.

**Мои формулы на рабочем листе часто содержат ссылки на ячейки или диапазоны ячеек или на то и другое. Вместо замены ссылок в формулах можно ли поместить эти ссылки в собственные ячейки и быстро заменять в них ссылки без изменения базовых формул?**

Данные для этого примера находятся в файле Sumindirect.xlsx (рис. 22.2). В диапазоне ячеек B4:H16 хранятся данные о ежемесячных продажах шести продуктов за 12 месяцев.

Предположим, что в данный момент вычисляется общий объем продаж каждого продукта за месяцы со второго по двенадцатый. Самый простой способ решения этой задачи состоит в копировании формулы =СУММ(C6:C16) из ячейки C18 в ячейки D18:H18. Предположим, однако, что необходимо изменить месяцы, по которым подводится итог. Например, требуется определить объем продаж за месяцы с третьего по двенадцатый. Можно было бы заменить формулу в ячейке C18 на =СУММ(C7:C16) и затем скопировать ее в ячейки D18:H18, но этот подход проблематичен, поскольку формула из ячейки C18 должна быть скопирована в ячейки D18:H18, и без просмотра формулы невозможно будет определить, какие строки суммировались.

	B	C	D	E	F	G	H
1			Начальная строка	Конечная строка			
2			6	16			
3		C	D	E	F	G	H
4	Месяц	Прод 1	Прод 2	Прод 3	Прод 4	Прод 5	Прод 6
5	1	28	86	79	31	84	58
6	2	38	7	61	1	20	2
7	3	91	48	73	8	80	14
8	4	33	32	24	77	29	80
9	5	82	70	41	29	57	90
10	6	75	40	15	92	55	91
11	7	52	21	26	45	59	21
12	8	19	6	35	67	40	81
13	9	11	18	68	11	52	78
14	10	90	30	52	32	30	1
15	11	47	86	46	0	38	55
16	12	69	71	75	65	53	52
17							
18	Итого	607	429	516	427	513	565

Рис. 22.2. Функция ДВССЫЛ позволяет изменить в формулах ссылки на ячейки без изменения самих формул

Функция ДВССЫЛ позволяет реализовать другой подход. Укажите начальную и конечную строки суммирования в ячейках D2 и E2. Затем, благодаря функции ДВССЫЛ, останется только изменять ссылки на начальную и конечную строки в ячейках D2 и E2. Суммы после обновления будут включать требуемые строки. Кроме того, значения в ячейках D2 и E2 непосредственно указывают на суммируемые строки (месяцы). Необходимо только скопировать формулу =СУММ(ДВССЫЛ(С\$3&\$D\$2&":"&С\$3&\$E\$2)) из ячейки C18 в ячейки D18:H18.

Для просмотра в Excel вычисления ссылки в функции ДВССЫЛ воспользуйтесь следующим трюком. Выделите часть формулы (например, С\$3) и нажмите клавишу <F9>. Отобразится значение, вычисленное по выделенной части формулы. Например, С\$3 дает в результате значение с. Обязательно нажмите клавишу <Esc> для отмены изменения. Каждой ссылке на ячейку в части формулы с функцией ДВССЫЛ приравнивается содержимое ячейки. С\$3 вычисляется как с, \$D\$2 вычисляется как 6 и \$E\$2 вычисляется как 16. С учетом амперсанда (&), включенного в качестве символа конкатенации, в результате будет получена формула =СУММ(C6:C16), в точности соответствующая требуемой. Формула в ячейке C18 возвращает значение  $38 + 91 + \dots + 69 = 607$ . В ячейке D18 формула также приобретает требуемый вид =СУММ(D6:D16). Далее, если необходимо суммировать продажи за месяцы с четвертого по шестой, просто введите 8 в ячейку D2 и 10 в ячейку E2, и по формуле в ячейке C18 будет получен результат  $33 + 82 + 75 = 190$ . (Дополнительную информацию об использовании амперсанда при объединении значений см. в главе 5.)

**На каждом листе книги в ячейке D1 записываются ежемесячные продажи продукта. Можно ли написать и скопировать формулу для записи продаж продукта за каждый месяц на одном листе?**

В файле Indirectmultisheet.xlsx (рис. 22.3) находятся семь листов. На каждом листе в ячейке D1 хранятся данные о продажах продукта за определенный месяц. Пусть Лист1 содержит данные за первый месяц, Лист2 — за второй месяц и т. д. Например, объем продаж за первый месяц — 1, за второй месяц — 4 и т. д.

	C	D	E	F
1		1		
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9		Номер листа	Запись в ячейке D1	
10	Лист	1	1	
11		2	4	
12		3	0	
13		4	12	
14		5	15	
15		6	3	
16		7	4	

Рис. 22.3. Список ежемесячных продаж продукта (за 1—7 месяцами), составленный с помощью функции ДВССЫЛ

Предположим теперь, что необходимо составить список продаж для всех месяцев на одном листе. Было бы утомительно вносить продажи в список для первого месяца по формуле `=Лист1!D1`, для второго месяца по формуле `=Лист2!D1` и т. д. до седьмого месяца и формулы `=Лист7!D1`. При наличии данных за 100 месяцев этот подход требует много времени и чреват ошибками. Гораздо изящнее записать продажи за первый месяц в ячейку E10 листа Лист1 с помощью формулы `=ДВССЫЛ(СЕС$10&D10&"!D1")`. В Excel `СЕС$10` обрабатывается как "Лист", D10 как "1" и "!D1" как текстовая строка "!D1". Вся формула обрабатывается как `=Лист1!D1` и дает в результате объем продаж за первый месяц из ячейки D1 листа Лист1. Копирование этой формулы в ячейки E11:E16 переносит записи из ячеек D1 на листах Лист1—Лист7. При копировании формулы из ячейки E10 в ячейку E11 ссылка на D10 заменяется на D11, и ячейка E11 возвращает значение в ячейке Лист2!D1.

Предположим, что я суммирую стоимости в диапазоне A5:A10 по формуле `=СУММ(A5:A10)`. Если я вставлю пустую строку где-либо между строками 5 и 10, моя формула будет автоматически обновлена до `=СУММ(A5:A11)`. Каким образом следует составить формулу, которая при вставке пустой строки между строками 5 и 10 по-прежнему суммировала бы стоимости в исходном диапазоне A5:A10?

В файле Indirectinsertrow.xlsx на листе SUM(A5:A10), представленном на рис. 22.4, показано несколько способов суммирования чисел в диапазоне A5:A10. В ячейку A12 можно ввести традиционную формулу `=СУММ(A5:A10)`, дающую в результате  $6 + 7 + 8 + 9 + 1 + 2 = 33$ .

Аналогично, по формуле `=СУММ($A$5:$A$10)` в ячейке E9 вычисляется результат 33. Однако если вставить пустую строку между строками 5 и 10, по обеим формулам будет предпринята попытка суммировать значения в диапазоне A5:A11.

Функция ДВССЫЛ в этом случае позволяет суммировать значения в диапазоне A5:A10, по крайней мере, двумя способами. Введите формулу `=СУММ(ДВССЫЛ("A5:A10"))` в ячейку F9. Поскольку в Excel `ДВССЫЛ("A5:A10")` обрабатывается как текстовая строка

	A	B	C	D	E	F	G
3			Начало	Конец			
4				5	10		
5	6		с ДВССЫЛ				
6	7		33				
7	8						
8	9				Абсолютная ссылка	Косвенная ссылка	Вставьте пустую строку и посмотрите, что произойдет
9	1				33	33	
10	2						
11	Старый способ						
12	33						

Рис. 22.4. Несколько способов суммирования значений в диапазоне ячеек A5:A10

"A5:A10", при вставке пустой строки записи по-прежнему будут суммироваться в диапазоне A5:A10.

Другой способ суммирования значений в диапазоне A5:A10 с функцией ДВССЫЛ — это формула =СУММ(ДВССЫЛ("A"&C4&":A"&D4)), введенная в ячейку C6. Ссылка на C4 обрабатывается как 5, а ссылка на D4 — как 10. Таким образом, формула принимает вид =СУММ(A5:A10). Вставка пустой строки между строками 5 и 10 не оказывает влияния на вычисления по этой формуле, т. к. ссылка на C4 по-прежнему обрабатывается как 5, а ссылка на D4 — как 10. На рис. 22.5 показаны суммы, вычисленные по четырем формулам, после вставки пустой строки под строкой 7. Эти данные можно найти в файле Indirectinsertrow.xlsx на листе Row Inserted.

Как видно из рисунка, классические формулы суммирования без функции ДВССЫЛ были изменены для суммирования значений в диапазоне A5:A11, так что по ним по-прежнему вычисляется значение 33. Две формулы суммирования с функцией ДВССЫЛ продолжают складывать значения в диапазоне A5:A10 таким образом, что значение 2 (теперь в ячейке A11) больше не участвует в вычислении суммы. Формулы суммирования с функцией ДВССЫЛ дают в результате значение 31.

	A	B	C	D	E	F
3			Начало	Конец		
4				5	10	
5	6		с ДВССЫЛ			
6	7		31			
7	8					
8						
9	9				Абсолютная ссылка	Косвенная ссылка
10	1				33	31
11	2					
12	Старый способ					
13	33					

Рис. 22.5. Результат вычислений по формулам суммирования после вставки пустой строки в исходный диапазон

## Как с помощью функции ДВССЫЛ в формуле прочитать часть формулы как имя диапазона?

Предположим, что на листе создано несколько имен диапазонов в соответствии с квартальными продажами продукта. (См. рис. 22.6 и файл Indirectrange.xlsx.) Например, диапазон D4:E6 (с именем Квартал1) содержит фиктивные продажи различных продуктов Microsoft в первом квартале.

Было бы здорово написать легко копируемую формулу и получить на листе объем продаж для каждого продукта в каждом квартале в одном прямоугольном диапазоне (см. диапазон H17:J20). Казалось бы, для этого следует ввести формулу =ВПР(Н\$16;\$G17;2;ЛОЖЬ) в ячейку H17 и затем скопировать ее в диапазон H17:J20. К со-



жалению, в Excel  $\$G17$  не распознается как ссылка на имя `Квартал1`. Наоборот, в Excel  $\$G17$  обрабатывается как текстовая строка "Квартал1", и при вычислении формулы произойдет ошибка #Н/Д. Для исправления этой ошибки просто введите формулу `=ВПР(Н$16; ДВССЫЛ($G17); 2; ЛОЖЬ)` в ячейку `H17` и затем скопируйте эту формулу в диапазон `H17:J20`. Этот прием работает отлично! `ДВССЫЛ($G17)` вычисляется как `Квартал1` и распознается как имя диапазона. Теперь нетрудно записать данные по продажам для всех продуктов во всех четырех кварталах.

	D	E	F	G	H	I	J
3	Квартал1						
4	Office	63					
5	Windows	66					
6	Xbox	70					
7							
8	Квартал2						
9	Office	93					
10	Windows	90					
11	Xbox	99					
12							
13	Квартал3						
14	Office	77					
15	Windows	58					
16	Xbox	60			Office	Windows	Xbox
17				Квартал1	63	66	70
18	Квартал4			Квартал2	93	90	99
19	Office	97		Квартал3	77	58	60
20	Windows	56		Квартал4	77	58	60
21	Xbox	95					

Рис. 22.6. Создание ссылки на имя диапазона в формуле при помощи функции `ДВССЫЛ`

### Книга содержит продажи по каждому продукту компании в разных странах. Как объединить эти данные на одном листе?

В ячейках `E7:E9` файла `Indirectconsolidate.xlsx` содержатся объемы продаж автомобилей, грузовиков и самолетов в различных регионах. Для каждого региона выделен собственный лист. Как суммировать эти данные на одном листе?

На листе `Summary` создайте сводку, представленную на рис. 22.7.

Скопируйте формулу `=ДВССЫЛ(Е$6&"!"&$C7)` из ячейки `E7` в диапазон `E7:I9`. По этой формуле создается формула `=Лат_Америка!E7`, вычисляющая продажи в Латинской Америке. Копирование формулы позволяет вычислить продажи каждого типа продукции для каждого региона.

	C	D	E	F	G	H	I
5			=Лат_Америка!E7				
6			Лат_Америка	Сев_Америка	Азия	Африка	Европа
7	E7	Автомобили	100	200	500	100	80
8	E8	Грузовики	150	150	400	50	120
9	E9	Самолеты	200	100	200	25	100

Рис. 22.7. Создание сводки по продажам продукции с помощью функции `ДВССЫЛ`

На листе *Another Summary* (см. файл *Indirectconsolidate.xlsx*) можно создать ту же самую таблицу в несколько иной манере. Создание адресов ячеек для извлечения продаж автомобилей, грузовиков и самолетов можно автоматизировать посредством копирования формулы `=АДРЕС(СТРОКА();СТОЛБЕЦ()+2)` из ячейки *C7* в ячейки *C8:C9*. При этом в адресе ячейки создается столбец *E* и строки *7*, *8* и *9*. Функция `СТРОКА()`, введенная в ячейку, возвращает номер строки этой ячейки, а функция `СТОЛБЕЦ()` сама по себе возвращает номер столбца текущей ячейки (в данном случае *3*). При вводе в качестве части третьего аргумента функции `АДРЕС` элемент `СТОЛБЕЦ()+2` возвращает имя столбца для ячейки на два столбца правее текущей ячейки (в данном случае столбец *E*). Затем формулу `=ДВССЫЛ(Е$6&"!"&$C7)` следует скопировать из ячейки *E7* в диапазон *E7:I9*.

### Как составить список всех листов в книге?

В предыдущем примере было нетрудно перечислить имена всех листов. Но предположим, что их *100* или больше. Для раскрытия полного потенциала функции `ДВССЫЛ` по извлечению данных из множества листов необходим эффективный метод составления списка имен листов в книге. Для перечисления имен всех листов в книге надо выполнить следующие действия. (См. книгу *Worksheetnames.xlsm* и рис. 22.8 и 22.9.)

1. Как показано на рис. 22.8, на вкладке **ФОРМУЛЫ** (**FORMULAS**) в группе **Определенные имена** (**Defined Names**) выберите **Присвоить имя** (**Define Name**); в диалоговом окне **Создание имени** (**New Name**) создайте диапазон имен и назовите его *РабочийЛист* с помощью формулы `=ПОЛУЧИТЬ.РАБОЧЮЮ.КНИГУ(1)`.

`ПОЛУЧИТЬ.РАБОЧЮЮ.КНИГУ(1)` — это макрос, поэтому у файла должно быть расширение *xlsm*.

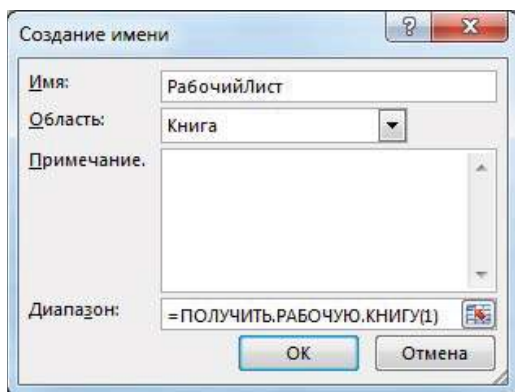


Рис. 22.8. Создание имени диапазона для извлечения имен листов

2. Выберите горизонтальный массив, содержащий столько строк, сколько листов в книге. Как видно из рис. 22.9, в этом примере только три листа. Точное число листов в большой книге можно узнать с помощью новой функции Excel 2013 `ЛИСТЫ` (`SHEETS`). В ячейке *H13* формула `=ЛИСТЫ()` отображает количество листов в книге (в данном случае — *3*).

Кстати, новая функция Excel 2013 ЛИСТ (SHEET) возвращает номер текущего листа в книге. После ввода формулы =ЛИСТ() на листе Боб будет получено значение 1, на листе Аллен — значение 2, на листе Джил — значение 3.

	Н	И	Л
11			
12	Сколько листов?		
13		3	
14			
15	[worksheetnamestemp.xlsx]Боб	[worksheetnamestemp.xlsx]Аллен	[worksheetnamestemp.xlsx]Джил
16	Боб	Аллен	Джил
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			

Рис. 22.9. Имена листов в строке 16 и число листов, вычисленное по формуле =ЛИСТЫ()

- В левом углу выделенного диапазона (в данном случае в ячейке H15) введите =РабочийЛист и нажмите комбинацию клавиш <Ctrl>+<Shift>+<Enter>.

Имя диапазона РабочийЛист действует как формула обработки массива (для получения дополнительной информации о формулах обработки массивов см. главу 87), поэтому для работы формулы необходимо нажать комбинацию клавиш <Ctrl>+<Shift>+<Enter>. В диапазоне ячеек H15:J15 можно увидеть имя книги, заключенное в квадратные скобки, за которым указаны имена листов в порядке следования этих листов.

Если требуется получить имя листа в отдельной ячейке, просто с помощью функций ПРАВСИМВ и НАЙТИ из главы 5 извлеките все символы справа от закрывающей квадратной скобки. Скопируйте формулу =ПРАВСИМВ(I15;ДЛСТР(I15)-НАЙТИ("]",I15;1)) из ячейки H16 в ячейки I16:J16. Теперь имена листов перечислены в диапазоне H16:J16. Но в случае изменения имен листов имена в ячейках H15:J15 останутся неизменными. Если после изменения требуется обновить имена листов, необходимо удалить содержимое ячеек H15:J15 и заново ввести формулу обработки массива =РабочийЛист.

## Задания

1. Функция АДРЕС возвращает фактический адрес ячейки, соотнесенный со строкой и столбцом. Например, формула =АДРЕС(3;4) дает в результате \$D\$3. Какой результат будет получен при вводе формулы =ДВССЫЛ(АДРЕС(3;4))?
2. В книге P23\_2.xlsx находятся данные по продажам пяти продуктов в четырех регионах (East, West, North и South). Напишите формулу с функцией ДВССЫЛ, оптимально вычисляющую общий объем продаж для любой комбинации последовательно пронумерованных продуктов, такой как Product\_1—Product\_3, Product\_2—Product\_5 и т. д.
3. В файле P23\_3.xlsx шесть листов. Лист Sheet\_1 содержит продажи за месяц Month\_1 для продуктов Product\_1—Product\_4. Эти объемы продаж всегда указаны в диапазоне E5:H5. С помощью функции ДВССЫЛ внесите в таблицу на отдельном листе продажи каждого продукта по месяцам оптимальным способом.
4. Напишите формулу, суммирующую числа в диапазоне G2:K2, даже после вставки одного или нескольких столбцов между столбцами G и K.
5. В файле Marketbasketdata.xlsx содержатся данные о продажах различных товаров. Для каждой строки единица (1) в столбцах C—K отмечает приобретенный товар, а ноль (0) — товар, который не был приобретен. В столбце Day Week единица (1) означает, что торговая операция имела место в понедельник, двойка (2) — во вторник и т. д. Для каждого товара в ячейках K9:K14 вычислите процент торговых операций, в которых товар был приобретен. Кроме того, вычислите долю торговых операций, имеющих место в каждый из дней недели.
6. В файле Verizonindirectdata.xlsx содержатся данные об отработанных каждым сотрудником часах и о рейтинге сотрудников за январь—май. Создайте объединенный лист, на котором можно выбрать любого сотрудника и получить отработанные этим сотрудником часы за каждый месяц наряду с рейтингом за этот месяц.



# Условное форматирование

### Обсуждаемые вопросы

- ◆ Как можно показать, согласуются ли последние температурные данные с глобальным потеплением?
- ◆ Как работают правила выделения ячеек в условном форматировании?
- ◆ Как можно проверить и адаптировать правила?
- ◆ Как работают гистограммы?
- ◆ Как в Microsoft Excel 2013 обрабатываются отрицательные значения данных в гистограммах?
- ◆ Как работают цветовые шкалы?
- ◆ Как работают наборы значков?
- ◆ Как применить цветовой код к ежемесячной доходности акций для отображения каждого удачного месяца одним цветом, а неудачного другим?
- ◆ При поступлении данных о ежеквартальных доходах корпорации как можно выделить одним цветом кварталы, в которых доходы увеличились по сравнению с предыдущим кварталом, и другим цветом кварталы, в которых доходы снизились по сравнению с предыдущим кварталом?
- ◆ Как в заданном списке дат выделить особым цветом даты, приходящиеся на выходные дни?
- ◆ Наш тренер по баскетболу присвоил каждому игроку рейтинг от 1 до 10 на основе способностей игрока к игре в защите, нападении или в качестве центрального. Можно ли создать лист, визуально демонстрирующий способность каждого игрока играть на позиции, на которую его назначили?
- ◆ Для чего предназначены флажки **Остановить, если истина** (Stop If True) в диалоговом окне **Диспетчер правил условного форматирования** (Conditional Formatting Rules Manager)?
- ◆ Как с помощью инструмента **Формат по образцу** (Format Painter) скопировать условный формат?

Условное форматирование предназначено для определения форматирования диапазона ячеек на основе содержимого этого диапазона ячеек. Например, с учетом оценок, полученных студентами на экзаменах, можно с помощью условного форматирования отобразить красным цветом имена тех студентов, которые в среднем на-

брали, по меньшей мере, 90 баллов. По существу, в Microsoft Excel 2013 при настройке условий форматирования диапазона ячеек для каждой ячейки диапазона проверяется, удовлетворены ли какие-либо из указанных условий (такие как экзаменационный балл не меньше 90). Ко всем удовлетворяющим условию ячейкам автоматически применяется выбранный формат. Если содержимое ячейки не удовлетворяет ни одному условию, форматирование ячейки остается неизменным. В Microsoft Excel 2007 условное форматирование было полностью пересмотрено и расширено. В Microsoft Excel 2010 в условное форматирование внесены некоторые незначительные исправления. В данной главе показано, как применять инструменты условного форматирования, включенные в Microsoft Excel 2013.

Для просмотра параметров условного форматирования сначала выделите диапазон ячеек, который требуется отформатировать. Затем на вкладке **ГЛАВНАЯ (HOME)** в группе **Стили (Styles)** нажмите на стрелку раскрывающегося списка **Условное форматирование (Conditional Formatting)**, показанного на рис. 23.1, для открытия списка инструментов условного форматирования (рис. 23.2).

Далее приведены краткие пояснения к каждому инструменту.

◆ **Правила выделения ячеек (Highlight Cells Rules)** — эти правила позволяют присвоить формат ячейкам, содержимое которых соответствует одному из следующих критериев:

- находится в пределах определенного диапазона числовых значений;
- совпадает с определенной текстовой строкой;
- находится в пределах определенного диапазона дат (относительно текущей даты);
- встречается в выделенном диапазоне несколько раз (или только один раз).

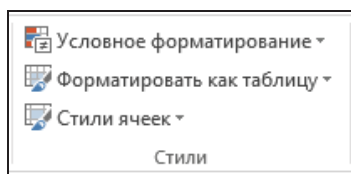


Рис. 23.1. Раскрывающийся список **Условное форматирование**

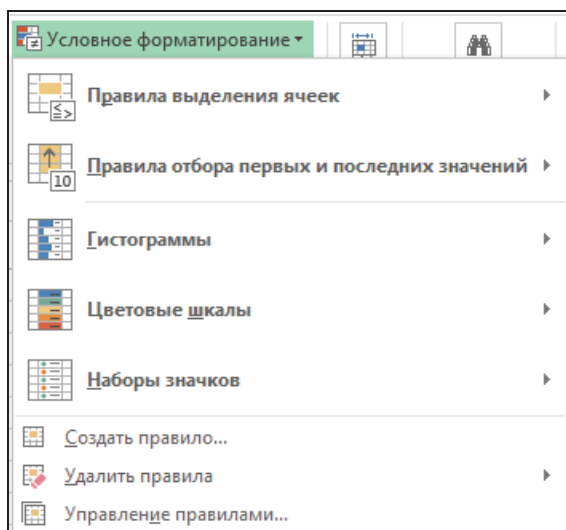


Рис. 23.2. Инструменты условного форматирования

- ◆ **Правила отбора первых и последних значений** (Top/Bottom Rules) — эти правила позволяют присвоить формат в следующих случаях:
  - $N$  самых больших или самых маленьких значений в диапазоне. Например, при  $N = 10$  выделяются 10 наибольших или 10 наименьших значений;
  - $n\%$  наибольших или наименьших чисел в диапазоне;
  - числа выше или ниже среднего значения для всех чисел в диапазоне.
- ◆ **Гистограммы** (Data Bars), **Цветовые шкалы** (Color Scales) и **Наборы значков** (Icon Sets) — эти форматы предназначены для простой идентификации больших, малых или промежуточных значений в выбранном диапазоне. Более высокие столбцы гистограммы связаны с большими значениями. С помощью цветовых шкал можно, например, отображать меньшие значения красным цветом, а большие значения синим цветом с плавными переходами между ними по мере отображения значений в диапазоне от меньших к большим. Наборы значков позволяют применить для идентификации различных диапазонов значений до пяти символов. Например, можно воспроизвести стрелку, указывающую вверх для индикации больших значений, стрелку, указывающую вправо для индикации промежуточных значений, и стрелку, указывающую вниз для индикации меньших значений.
- ◆ **Создать правило** (New Rule) — используется для создания собственных формул, определяющих, должна ли ячейка иметь определенный формат. Например, если значение в ячейке превышает значение в вышестоящей ячейке, можно окрасить ячейку в зеленый цвет. Если в ячейке содержится пятое по величине значение в столбце, можно окрасить ее в красный цвет и т. д.
- ◆ **Удалить правила** (Clear Rules) — этот инструмент используется при удалении всего условного форматирования, созданного для выделенного диапазона или целого листа.
- ◆ **Управление правилами** (Manage Rules) — этот инструмент предназначен для просмотра, редактирования и удаления правил условного форматирования, а также создания новых правил или изменения порядка, в котором установленные правила условного форматирования применяются в Excel.

## Ответы на вопросы в начале главы

---

В этом разделе приведены ответы на вопросы, перечисленные в начале главы.

**Как можно показать, согласуются ли последние температурные данные с глобальным потеплением?**

Эта задача предоставляет прекрасную возможность применить правила отбора первых и последних значений в условном форматировании. Файл Globalwarming2011.xlsx содержит данные (часть этих данных представлена на рис. 23.4) о средней температуре в мире за 1881—2011 гг. Если имеет место глобальное потепление, значит, температура в последние годы должна быть выше, чем в более ранние годы. Попы-



таться определить, произошло ли потепление в последние годы, можно путем отображения красным цветом ячеек для 20 самых теплых лет. Выделите диапазон F5:F135, содержащий значения температур. На вкладке **ГЛАВНАЯ** (HOME) в группе **Стиль** (Styles) в раскрывающемся списке **Условное форматирование** (Conditional Formatting) выберите инструмент **Правила отбора первых и последних значений** (Top/Bottom Rules). Выберите **Первые 10 элементов** (Top 10 Items) и заполните поля в диалоговом окне, как показано на рис. 23.3.

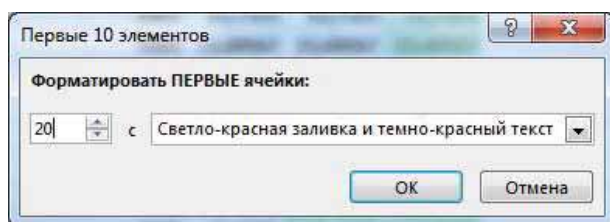


Рис. 23.3. Выделение 20 значений самых высоких температур красным цветом

	Е	Ф	Г	Н
				выше и ниже
4	Год	Топ 20	10%	средней
5	1881	13,80583	13,80583	13,80583
6	1882	13,74667	13,74667	13,74667
7	1883	13,7325	13,7325	13,7325
8	1884	13,69167	13,69167	13,69167
9	1885	13,70333	13,70333	13,70333
10	1886	13,73417	13,73417	13,73417
42	1918	13,68083	13,68083	13,68083
111	1987	14,27667	14,27667	14,27667
121	1997	14,41	14,41	14,41
122	1998	14,58	14,58	14,58
123	1999	14,32833	14,32833	14,32833
124	2000	14,34917	14,34917	14,34917
125	2001	14,48167	14,48167	14,48167
126	2002	14,56167	14,56167	14,56167
127	2003	14,55417	14,55417	14,55417
128	2004	14,48167	14,48167	14,48167
129	2005	14,6175	14,6175	14,6175
130	2006	14,55083	14,55083	14,55083
131	2007	14,58083	14,58083	14,58083
132	2008	14,43417	14,43417	14,43417
133	2009	14,565	14,565	14,565
134	2010	14,62417	14,62417	14,62417
135	2011	14,50583	14,50583	14,50583

Рис. 23.4. Условное форматирование с реализацией правил отбора первых и последних значений

### ПРИМЕЧАНИЕ

В правой части окна на рис. 23.3 в раскрывающемся списке можно найти другие варианты, в том числе **Пользовательский формат** (Custom Format). При выборе этого варианта открывается диалоговое окно **Формат ячеек** (Format Cells), в котором можно создать пользовательский формат, применяемый в случае выполнения критериев условного форматирования.

А теперь выберите диапазон G5:G135, вернитесь к правилам отбора первых и последних значений и выберите **Первые 10%** (Top 10%). Примите значения, указанные по умолчанию (10% самых высоких значений температур выделить красным

цветом), и затем выделите **Последние 10%** (Bottom 10 percent) зеленым цветом. Обратите внимание, что выделенные зеленым цветом значения 10% самых низких температур приходятся на 1918 г. и ранее, а 10% самых высоких значений температур — на 1997 г. и позже. Наконец, в столбце **н** выделите красным цветом температуры выше средней, а зеленым — температуры ниже средней. Следует отметить, что во все годы до 1936 г. температура была ниже средней, в то время как во все годы после 1976 г. температура была выше средней. Условное форматирование является мощным инструментом, который позволяет продемонстрировать, что на земле (по тем или иным причинам) в последнее время становится теплее.

### Как работает выделение ячеек в условном форматировании?

В файле `Highlightcells.xlsx` на листе `Wrong Way` (рис. 23.5) продемонстрирована работа инструмента выделения ячеек. Предположим, например, что необходимо выделить красным цветом все повторяющиеся имена в диапазоне `C2:C11`. Просто выделите диапазон ячеек `C2:C11`, на вкладке **ГЛАВНАЯ** (HOME) в группе **Стиль** (Styles) откройте раскрывающийся список **Условное форматирование** (Conditional Formatting) и выберите **Правила выделения ячеек** (Highlight Cells Rules) и **Повторяющиеся значения** (Duplicate Values). Затем выберите **светло-красная заливка и темно-красный текст** (Light Red Fill With Dark Red Text). Нажмите кнопку **ОК** для применения правила, и все имена, встречающиеся больше одного раза (John и Josh), будут выделены красным цветом.

	C	D	E	F
	повторы красным цветом	текст, содержащий Eric, красным цветом	последние 7 дней красным, вчерашние зеленым	
1	John	John	01.06.2006	
2	Eric	Eric	14.04.2014	сегодня()-1
3	James	James	10.04.2014	сегодня()-5
4	John	John	15.05.2007	
5	Erica	Erica	14.06.2006	
6	JR	JR	03.02.2003	
7	Adam	Adam	12.05.2006	
8	Josh	Josh	17.06.2005	
9	Babe	Babe	01.08.2006	
10	Josh	Josh	02.09.2005	
11				

Рис. 23.5. Применение правил выделения ячеек

Предположим, что теперь требуется выделить красным цветом все ячейки в диапазоне `D2:D11`, содержащие текст `Eric`. Выделите диапазон `D2:D11`, в списке **Условное форматирование** (Conditional Formatting) выберите **Правила выделения ячеек** (Highlight Cells Rules) и затем выберите **Текст содержит** (Text That Contains). Введите в левое поле `Eric` и выберите справа **светло-красная заливка и темно-красный текст** (Light Red Fill With Dark Red Text). Как показано на рис. 23.5, вы-

делены ячейки, содержащие текст Eric и Erica. (Текстовая строка Erica содержит текстовую строку Eric.)

Пусть имеется список дат (такой как в диапазоне E2:E11), и требуется выделить зеленым цветом все ячейки, содержащие вчерашнюю дату, и красным цветом любую ячейку, содержащую дату в пределах семи последних дней. Предположим, что сегодня 15 апреля 2014 г. (как на рис. 23.5). Обратите внимание, что ячейка E3 содержит формулу =СЕГОДНЯ()-1, поэтому в ячейке E3 всегда отображается вчерашняя дата. Ячейка E4 содержит формулу =СЕГОДНЯ()-5.

Начните с выбора диапазона ячеек, который требуется отформатировать (E2:E11). Среди правил выделения ячеек выберите **Дата (A Date Occurring)** и затем в диалоговом окне выберите из раскрывающихся списков **Вчера (Yesterday)** и **Зеленая заливка и темно-зеленый цвет (Green Fill With Dark Green Text)**. Затем снова в списке **Условное форматирование (Conditional Formatting)** выберите **Правила выделения ячеек (Highlight Cells Rules)** и еще раз выберите **Дата (A Date Occurring)**. В диалоговом окне **Дата (A Date Occurring)** укажите **За последние 7 дней (In The Last 7 Days)** и **светло-красная заливка и темно-красный текст (Light Red Fill With Dark Red Text)**. Правила форматирования, созданные позднее, имеют приоритет над правилами, созданными ранее (если только приоритет правил не изменен, как описано далее). Это объясняет, почему вчерашняя дата выделена красным цветом, а не зеленым.

### Как можно проверить и адаптировать правила?

После создания правил условного форматирования эти правила можно просмотреть с помощью инструмента **Управление правилами (Manage Rules)**. Например, выделите даты в диапазоне E2:E11 и выберите в раскрывающемся списке **Условное форматирование (Conditional Formatting)** инструмент **Управление правилами (Manage Rules)**; в диалоговом окне появятся правила (рис. 23.6). Как видно из рисунка, правило форматирования **За последние 7 дней (In The Last 7 Days)** применяется до правила форматирования **Вчера (Yesterday)**. Следует отметить, что помещаемый в ячейку формат основывается на первом подходящем правиле.

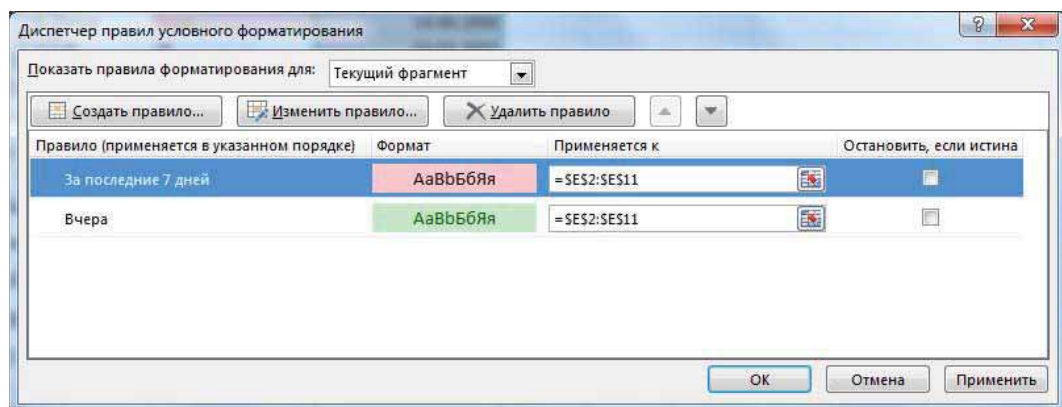


Рис. 23.6. Диалоговое окно Диспетчер правил условного форматирования

В диалоговом окне **Диспетчер правил условного форматирования** (Conditional Formatting Rules Manager) можно выполнить следующее:

- ◆ создать правило после нажатия кнопки **Создать правило** (New Rule);
- ◆ отредактировать или изменить правило после нажатия кнопки **Изменить правило** (Edit Rule);
- ◆ удалить правило путем выбора требуемого правила и нажатия кнопки **Удалить правило** (Delete Rule);
- ◆ изменить приоритет правила путем выбора правила и нажатия кнопок со стрелками вверх и вниз.

Для иллюстрации возможностей диалогового окна **Диспетчер правил условного форматирования** (Conditional Formatting Rules Manager) сделайте копию листа *Wrong Way* в файле *Highlightcells.xlsx* (щелкните правой кнопкой мыши на имени листа и выберите **Переместить или скопировать** (Move Or Copy), затем установите флажок **Создать копию** (Create A Copy)) и назовите лист *Right Way*. В диалоговом окне выберите правило **Вчера** (Yesterday) и нажмите кнопку со стрелкой вверх. Теперь правило **Вчера** (Yesterday) имеет более высокий приоритет, чем правило **За последние 7 дней** (Last 7 Days), и ячейка E3 будет выделена зеленым цветом, а не красным. Соответствующее диалоговое окно **Диспетчер правил условного форматирования** (Conditional Formatting Rules Manager) представлено на рис. 23.7, а на рис. 23.8 показана выделенная зеленым цветом ячейка E3 и выделенная красным цветом ячейка E4, что и требовалось.

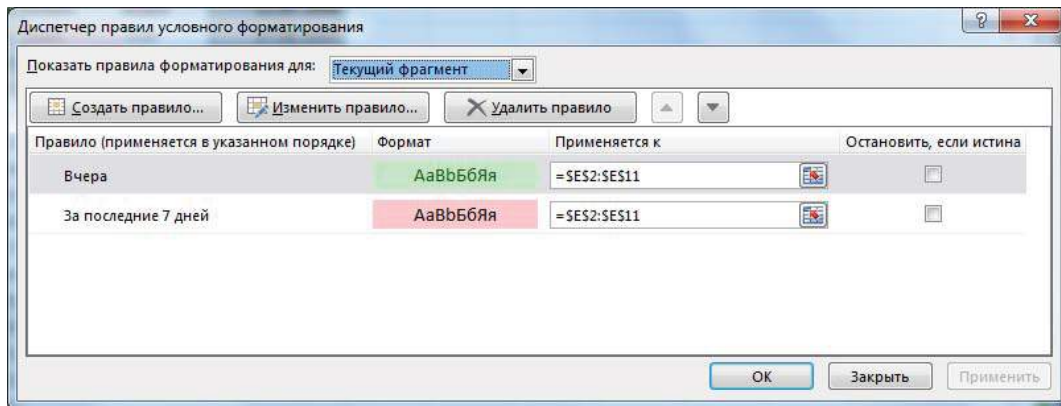


Рис. 23.7. Теперь правило форматирования **Вчера** имеет более высокий приоритет, чем правило **За последние 7 дней**

## Как работают гистограммы?

При наличии длинного списка чисел неплохо было бы иметь визуальный индикатор больших и малых величин. Гистограммы, цветовые шкалы и наборы значков (все внедрено еще в Microsoft Excel 2007) являются превосходными инструментами для отображения численной разницы.

	C	D	E	F
	повторы красным цветом	текст, содержащий Eric, красным цветом	вчерашние зеленым, последние 7 дней красным	
1	John	John	01.06.2006	
2	Eric	Eric	14.04.2014	сегодня()-1
3	James	James	10.04.2014	сегодня()-5
4	John	John	15.05.2007	
5	Erica	Erica	14.06.2006	
6	JR	JR	03.02.2003	
7	Adam	Adam	12.05.2006	
8	Josh	Josh	17.06.2005	
9	Babe	Babe	01.08.2006	
10	Josh	Josh	02.09.2005	

Рис. 23.8. После изменения приоритета правил ячейка со вчерашней датой выделена зеленым цветом

На рис. 23.9 показаны примеры с гистограммами (см. файл Data bars.xlsx). Начнем с применения гистограммы по умолчанию к данным в диапазоне D6:D15. Выделите данные в ячейках D6:D15 и в раскрывающемся списке **Условное форматирование** (Conditional Formatting) выберите инструмент **Гистограммы** (Data Bars). В группе **Градиентная заливка** (Gradient Fill) выберите **Синяя гистограмма** (Blue Data Bars) для создания формата, представленного в столбце D на рис. 23.9. Более длинный горизонтальный синий столбец соответствует большему значению в ячейке. По умолчанию самый короткий синий столбец связан с наименьшим числом в выделенном диапазоне, а самый длинный — с наибольшим числом. Как видно из рисунка, в столбце D размер горизонтального столбца прямо пропорционален значению данных, т. е. горизонтальный столбец для значения 8 в два раза длиннее, чем столбец для значения 4, и т. д.

Если после выбора инструмента **Гистограммы** (Data Bars) выбрать **Другие правила** (More Rules), откроется диалоговое окно **Создание правила форматирования**



Рис. 23.9. Гистограмма позволяет отобразить численную разницу

(New Formatting Rule), показанное на рис. 23.10. (Это диалоговое окно можно также открыть, выбрав инструмент **Управление правилами** (Manage Rules) и нажав кнопку **Изменить правило** (Edit Rule) или дважды щелкнув по правилу.) В этом диалоговом окне можно поменять критерии привязки столбцов гистограммы к ячейкам. В диапазоне E6:E15 не связывайте столбцы гистограммы с числами не больше 3, и свяжите самые длинные столбцы с числами не меньше 8. Как показано на рис. 23.9, со всеми числами в столбце E, не превышающими 3, столбцы гистограммы не связаны, а со всеми числами не меньше 8 связаны самые длинные горизонтальные столбцы. С числами от 3 до 8 связаны ранжированные горизонтальные столбцы. Обратите внимание, что в диалоговом окне **Изменение правила форматирования** (Edit Formatting Rule) можно установить флажок **Показывать только столбец** (Show Bar Only) для отображения в условно отформатированных ячейках цветного столбца, но не значения, хранящегося в ячейке.

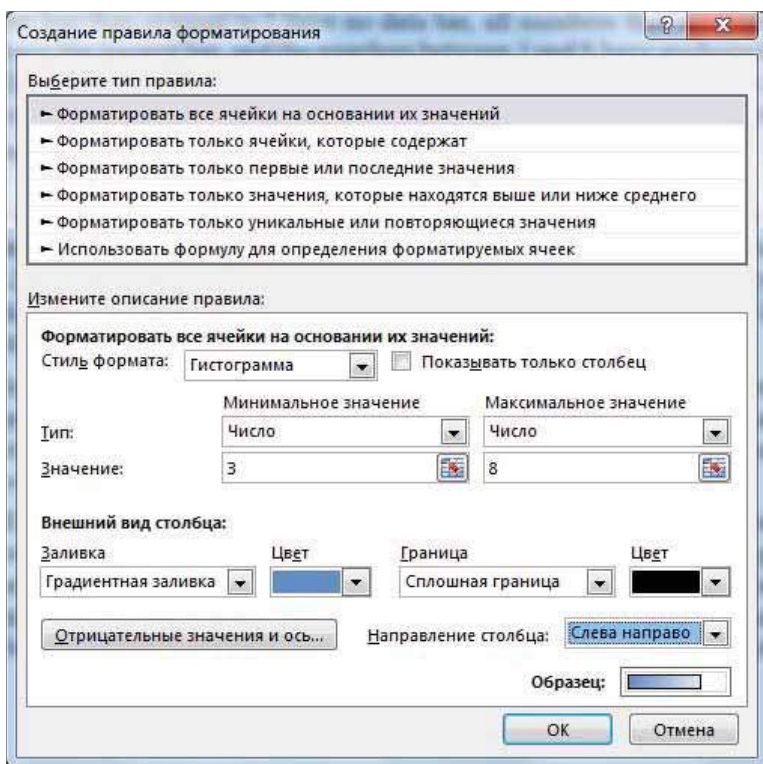


Рис. 23.10. Диалоговое окно для настройки гистограммы

Далее в столбце F в диапазоне F6:F15 не связывайте столбцы гистограммы с числами, входящими в нижние 20%, и свяжите самые длинные столбцы с числами из верхних 20%. Другими словами, со всеми числами не больше  $1 + 0,2 \times (21 - 1) = 5$  столбцы гистограммы не связаны, а со всеми числами не меньше  $1 + 0,8 \times (21 - 1) = 17$  связаны самые длинные столбцы. Как видно на рис. 23.9, в столбце F с первыми пятью числами столбцы гистограммы не связаны, а с числами 17 и 21 связаны самые длинные столбцы.

В диапазоне ячеек G6:G13 со всеми числами на уровне 20-го перцентиля (3) или ниже столбцы гистограммы не связаны, а со всеми числами на уровне 80-го перцентиля (17) или выше связаны самые длинные столбцы гистограммы. В раскрывающемся списке **Направление столбца** (Bar Direction) можно выбрать, от какой границы ячейки, правой или левой, должен начинаться столбец гистограммы.

В Microsoft Excel 2013 допускается сплошная заливка в столбцах гистограммы и ориентация столбцов гистограммы, связанных с отрицательными значениями, в направлении, противоположном столбцам, связанным с положительными значениями. Можно в диалоговом окне **Изменение правила форматирования** (Edit the Rule Description) нажать кнопку **Отрицательные значения и ось** (Negative Values and Axis) и передвинуть ось из обычного положения в центр ячейки, а также указать для отрицательных и положительных столбцов одно направление или противоположные направления (по умолчанию). В файле Negatedatabars.xlsx и на рис. 23.11 представлены гистограммы для набора данных с отрицательными значениями. Для двух последних столбцов на рис. 23.11 ось устанавливается автоматически, благодаря чему остается больше места для положительных значений, поскольку они больше по модулю, чем отрицательные значения.

	D		E		F		G		H		I	
1	Слева направо, середина ячейки				Справа налево, середина ячейки				Автоматически			
2	Год	Продажи			Год	Продажи			Год	Продажи		
3	2000				-5	2000			-5	2000		
4	2001			56	2001		56		2001	500		
5	2002			85	2002		85		2002	500		
6	2003			-31	2003		-31		2003			-31
7	2004			-26	2004		-26		2004			-26
8	2005			-40	2005		-40		2005			-40
9	2006			85	2006		85		2006			200
10	2007			34	2007		34		2007			34
11	2008			50	2008		50		2008			50
12	2009			-46	2009		-46		2009			-46
13	2010			4	2010		4		2010			4
14	2011			47	2011		47		2011			47
15	2012			-5	2012		-5		2012			-5
16	2013			44	2013		44		2013			44

Рис. 23.11. Гистограммы для отрицательных значений со сплошной и градиентной заливкой

## Как работают цветовые шкалы?

При подведении итогов по некоторым наборам данных применяются цветовые шкалы. Как и в правилах выделения ячеек, в цветовой шкале для отображения численной разницы значений в ячейках используется заливка ячеек. В этом разделе рассмотрен пример с трехцветной шкалой. (См. файл Colorscaleinvestment.xlsx и рис. 23.12.) Обратите внимание на то, что строки 19—75 скрыты; для их отображения выберите строки 18 и 76, щелкните правой кнопкой мыши и в контекстном меню выберите **Показать** (Unhide). В диапазоне ячеек B8:D89 выделите ежегодные доходы от инвестиций в акции, казначейские векселя и казначейские облигации.

	A	B	C	D
3		красный - минимальное значение		
4		желтый - среднее значение		
5		зеленый - максимальное значение		
6		Доход от инвестиций за год		
7	Год	Акции	Казначейские векселя	Казначейские облигации
8	1928	43,81%	3,08%	0,84%
9	1929	-8,30%	3,16%	4,20%
10	1930	-25,12%	4,55%	4,54%
11	1931	-43,84%	2,31%	-2,56%
12	1932	-8,64%	1,07%	8,79%
13	1933	49,98%	0,96%	1,86%
14	1934	-1,19%	0,30%	7,96%
15	1935	46,74%	0,23%	4,47%
16	1936	31,94%	0,15%	5,02%
17	1937	-35,34%	0,12%	1,38%
18	1938	29,28%	0,11%	4,21%
76	1996	23,82%	5,14%	1,43%
77	1997	31,86%	4,91%	9,94%
78	1998	28,34%	5,16%	14,92%
79	1999	20,89%	4,39%	-8,25%
80	2000	-9,03%	5,37%	16,66%
81	2001	-11,85%	5,73%	5,57%
82	2002	-22,10%	17,84%	3,83%
83	2003	28,68%	1,45%	1,65%
84	2004	10,88%	8,51%	1,02%
85	2005	4,91%	7,81%	1,20%
86	2006	15,79%	1,19%	2,98%
87	2007	5,49%	9,88%	4,66%
88	2008	-37,00%	25,87%	1,60%
89	2009	26,46%	-14,90%	0,10%

Рис. 23.12. Трехцветная шкала

В раскрывающемся списке **Условное форматирование** (Conditional Formatting) выберите **Управление правилами** (Manage Rules) и нажмите кнопку **Изменить правило** (Edit Rule). Откроется диалоговое окно **Изменение правила форматирования** (Edit Formatting Rule) с заполненными полями (рис. 23.13).

Укажите для индикации самого низкого дохода красный цвет, самого высокого дохода зеленый цвет и для среднего значения дохода желтый цвет. Удивительно, но в Excel в цветовую заливку каждой ячейки на основе значения в ячейке вносятся небольшие изменения. В столбце B на рис. 23.12 ячейка с самым низким доходом залита красным цветом (это ячейка B11). Отметим, что 1931 и 2008 гг. (как мы все знаем) были самыми неудачными для инвестиций в акции. По мере приближения дохода к 50-му перцентилю цвет ячеек постепенно меняется на желтый. Затем по мере роста дохода от 50-го перцентиля к самому высокому доходу цвет ячеек меняется от желтого к зеленому. Большая часть зеленых и красных ячеек относится к акциям, поскольку ежегодные доходы от акций более изменчивы, чем доходы от казначейских векселей и облигаций. Эта изменчивость приводит к довольно частой смене низкого и высокого дохода от акций. Виртуально все ежегодные доходы от казначейских векселей и облигаций отмечены желтым цветом. Таким образом,



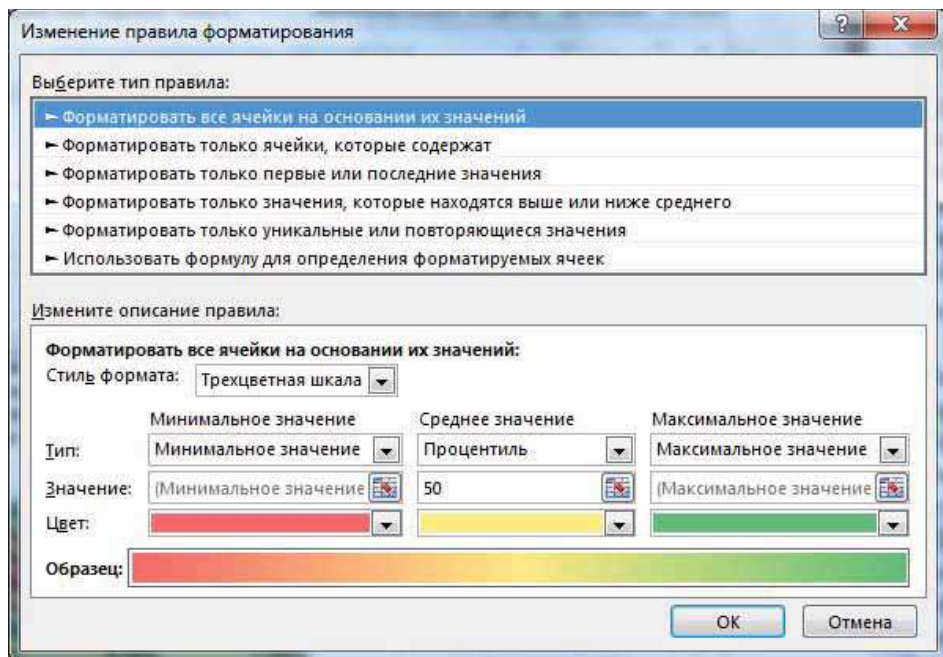


Рис. 23.13. Настройка трехцветной шкалы

малая изменчивость ежегодного дохода от этих инвестиций означает, что большую часть времени доходы имеют среднюю величину.

В файле Scalesiconsdatabars.xlsx, представленном на рис. 23.14, создано несколько двухцветных шкал. Для этого следует выделить диапазон ячеек, выбрать **Условное форматирование** (Conditional Formatting) и **Цветовые шкалы** (Color Scales). Далее можно выбрать цветовую комбинацию из заданного списка или создать собственную комбинацию с помощью инструмента **Другие правила** (More Rules).

	D	E	F
16	Цветовые шкалы		
17	Минимальное значение	<=3	20-й процентиль
18	Максимальное значение	>=8	80-й процентиль
19	1	1	1
20	2	2	1
21	3	3	2
22	4	4	2
23	5	5	4
24	6	6	5
25	7	7	5
26	8	8	7
27	9	9	9
28	10	10	10

Рис. 23.14. Двухцветные шкалы

Выберем двуцветную шкалу, представляющую меньшие значения в белом цвете и большие значения в синем цвете.

- ◆ В диапазоне ячеек D19:D28 выберите для минимального значения белый цвет, а для максимального значения — синий. По мере увеличения чисел ячейки становятся темнее.
- ◆ В диапазоне E19:E28 выберите для значений не больше 3 белый цвет, а для значений не меньше 8 — синий. Для чисел от 3 до 8 по мере увеличения чисел заливка ячеек становится темнее.
- ◆ В диапазоне F19:F28 выберите для значений из нижних 20% белый цвет, а для значений из верхних 20% — синий. Для чисел из средних 60% по мере увеличения чисел заливка ячеек становится темнее.

### Как работают наборы значков?

Численную разницу можно также отобразить с помощью наборов значков. (См. рис. 23.15 и файл Scalesiconsdatabars.xlsx.) Набор значков включает от трех до пяти символов. Для связи значков со значениями в ячейках необходимо определить критерии. Например, можно указать стрелку вниз для меньших чисел, стрелку вверх для больших чисел и горизонтальную стрелку для промежуточных значений. В диапазоне ячеек E32:F41 показаны два набора значков. Для каждого столбца можно использовать, например, красную стрелку вниз, желтую горизонтальную стрелку и зеленую стрелку вверх.

	D	E	F
30	стрелка вниз	<=3	20-й процентиль
31	стрелка вверх	>=8	80-й процентиль
32		↓	1 ↓
33		↓	2 ↓
34		↓	3 →
35		→	4 →
36		→	5 →
37		→	6 →
38		→	7 →
39		↑	8 →
40		↑	9 ↑
41		↑	10 ↑

Рис. 23.15. Набор значков со стрелками для подведения итогов по данным

Соответствие значков диапазону численных значений можно установить следующим образом:

1. Выделите диапазон E32:E41, затем выберите **Условное форматирование** (Conditional Formatting) и **Наборы значков** (Icon Sets). Выберите **Другие правила** (More Rules) и набор из трех цветных стрелок в списке **Стиль значка** (Icon Styles). В столбце E необходимо отобразить числа меньше 4 стрелками вниз, числа не меньше 4 и меньше 8 горизонтальными стрелками и числа не меньше 8

стрелками вверх. Для достижения этой цели установите параметры в диалоговом окне **Создание правила форматирования** (New Formatting Rule), как показано на рис. 23.16.

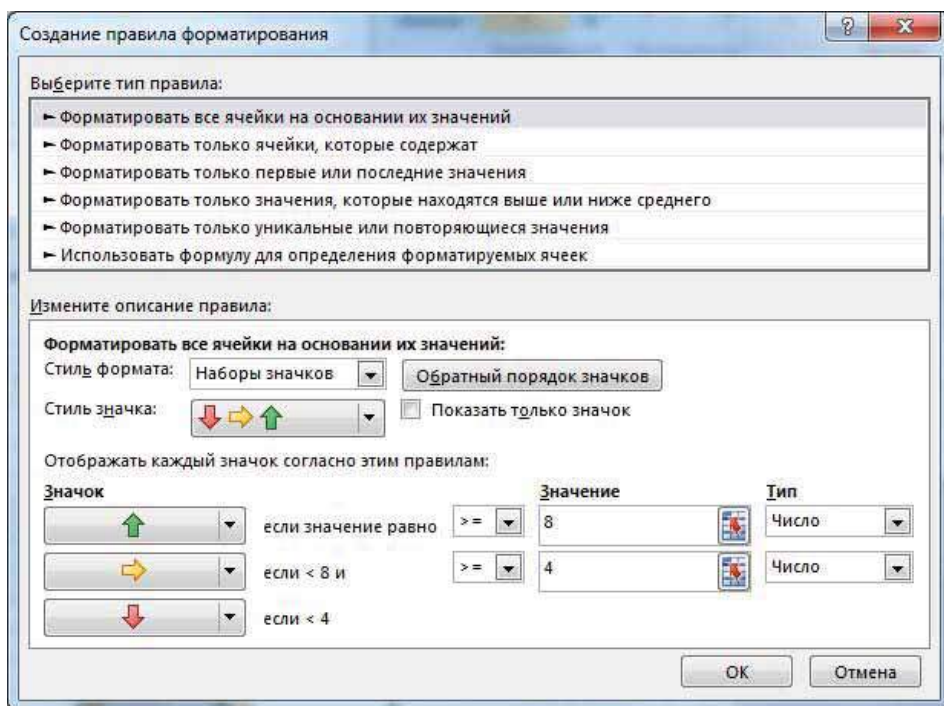


Рис. 23.16. Установление соответствия значков численным значениям

- Аналогично, создайте правило форматирования для диапазона F31:F42, в котором стрелки вверх соответствуют ячейкам, содержащим числа на уровне 80-го процента и выше ( $\geq 8$ ), а стрелки вниз — ячейкам, содержащим числа ниже 20-го процента ( $\leq 1$ ). Соответствующие параметры форматирования показаны на рис. 23.17.

Дополнительные параметры включают параметр **Обратный порядок значков** (Reverse Icon Order), который связывает значки слева с меньшими числами, а значки справа с большими числами, и флажок **Показать только значок** (Show Icon Only), позволяющий скрыть содержимое ячейки. В Microsoft Excel 2013 можно скрыть подмножество значков. Также можно изменить набор значков. В файле Historicalinvest.xlsx на листе Customize Icons для подведения итогов по доходам от инвестиций применяется набор из трех значков. Верхняя треть доходов обозначена серой стрелкой вверх, нижняя треть — красной стрелкой вниз. Для средней трети доходов горизонтальную стрелку можно скрыть. На рис. 23.18 показаны полученные в результате значки, а на рис. 23.19 представлено диалоговое окно, открытое через **Управление правилами** (Manage Rules), с правилом форматирования. В наборе значков из трех серых стрелок серая стрелка вниз заменена красной стрелкой.

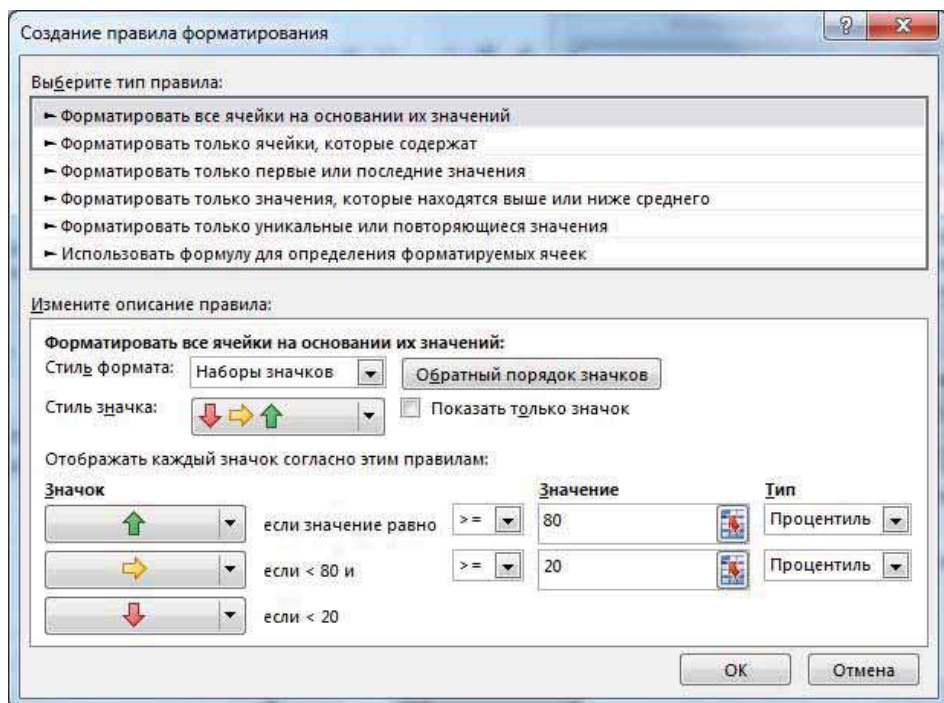


Рис. 23.17. Установление соответствия значков процентильным значениям

	A	B	C	D
6		Доход от инвестиций за год		
7	Год	Акции	Казначейские векселя	Казначейские облигации
8	1928	↑ 43,81%	3,08%	↓ 0,84%
9	1929	↓ -8,30%	3,16%	4,20%
10	1930	↓ -25,12%	4,55%	4,54%
11	1931	↓ -43,84%	2,31%	↓ -2,56%
12	1932	↓ -8,64%	↓ 1,07%	↑ 8,79%
13	1933	↑ 49,98%	↓ 0,96%	↓ 1,86%
14	1934	↓ -1,19%	↓ 0,30%	↑ 7,96%
15	1935	↑ 46,74%	↓ 0,23%	4,47%
80	2000	↓ -9,03%	5,37%	↑ 16,66%
81	2001	↓ -11,85%	5,73%	5,57%
82	2002	↓ -22,10%	↑ 17,84%	3,83%
83	2003	↑ 28,68%	↓ 1,45%	1,65%
84	2004	↑ 10,88%	↑ 8,51%	↓ 1,02%
85	2005	4,91%	7,81%	↓ 1,20%
86	2006	↑ 15,79%	↓ 1,19%	2,98%
87	2007	5,49%	↑ 9,88%	4,66%
88	2008	↓ -37,00%	↑ 25,87%	1,60%
89	2009	↑ 26,46%	↓ -14,90%	↓ 0,10%

Рис. 23.18. Измененный набор значков со скрытым значком

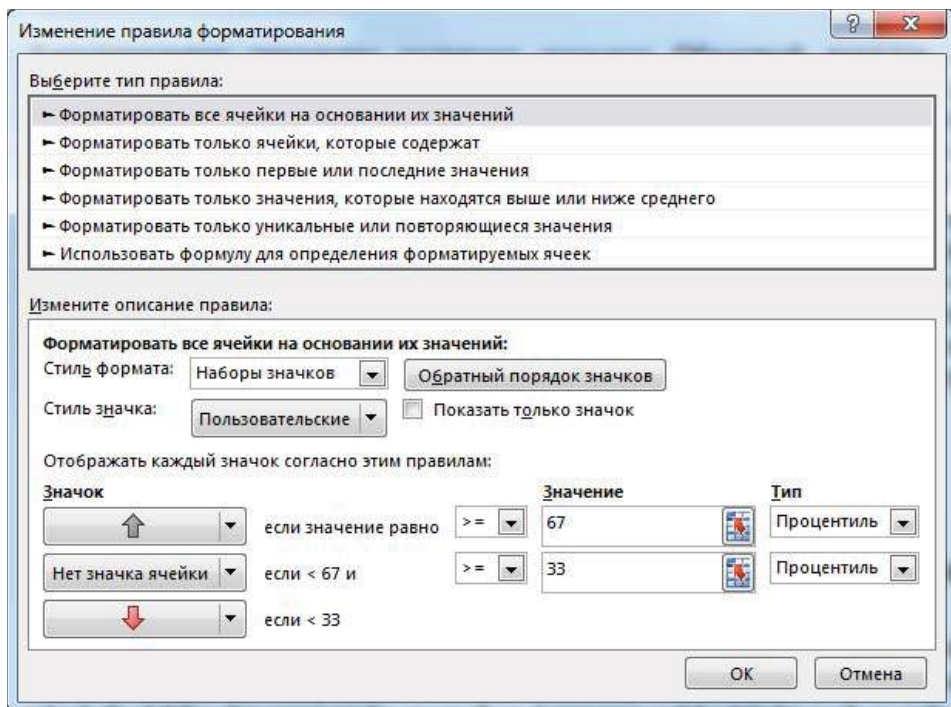


Рис. 23.19. Диалоговое окно для изменения и скрытия значков

### Как применить цветовой код к ежемесячной доходности акций для отображения каждого удачного месяца одним цветом, а неудачного другим?

В файле Sandp.xlsx (рис. 23.20) содержатся ежемесячные данные о ценах и доходах по фондовому индексу Standard&Poor's 500. Предположим, что требуется выделить зеленым цветом каждый месяц, в котором индекс S&P подскочил более чем на 3%, и красным цветом каждый месяц, в котором он упал более чем на 3%.

Начните с ячейки с10 (первый месяц, содержащий доход по индексу S&P) и выберите все ежемесячные доходы путем нажатия комбинации клавиш <Ctrl>+<Shift>+<↓>. Затем в раскрывающемся списке **Условное форматирование** (Conditional Formatting) выберите **Управление правилами** (Manage Rules), нажмите кнопку **Создать правило** (New Rule) и выберите тип правила **Форматировать только ячейки, которые содержат** (Format only cells that contain). Введите данные в диалоговом окне в соответствии с рис. 23.21. Необходимо отформатировать ячейки в выделенном диапазоне, значение в которых больше 0,03, затем нажмите кнопку **Формат** (Format) и выберите требуемый формат (заливку зеленым цветом).

Обратите внимание, что списки шрифтов и размеров недоступны, так что при выборе форматирования заменить эти атрибуты невозможно. На вкладке **Заливка** (Fill) можно указать цвет ячеек, а на вкладке **Границы** (Borders) создать границы для ячеек, удовлетворяющих критериям форматирования. Для возврата в диалоговое окно **Диспетчер правил условного форматирования** (Conditional Formatting Rules Manager) нажмите кнопки **ОК** в диалоговых окнах **Формат ячеек** (Format

	А	В	С
6		S&P	
7		компания	
8	Дата	Пункты	Изменение
9	1871,01	4,44	
10	1871,02	4,5	0,01351
11	1871,03	4,61	0,02444
12	1871,04	4,74	0,0282
13	1871,05	4,86	0,02532
14	1871,06	4,82	-0,0082
15	1871,07	4,73	-0,0187
16	1871,08	4,79	0,01268
17	1871,09	4,84	0,01044
18	1871,1	4,59	-0,0517
19	1871,11	4,64	0,01089
20	1871,12	4,74	0,02155
21	1872,01	4,86	0,02532
22	1872,02	4,88	0,00412
23	1872,03	5,04	0,03279
24	1872,04	5,18	0,02778
25	1872,05	5,18	0
26	1872,06	5,13	-0,0097

Рис. 23.20. Условное форматирование для выделения доходов в фондовом индексе S&P

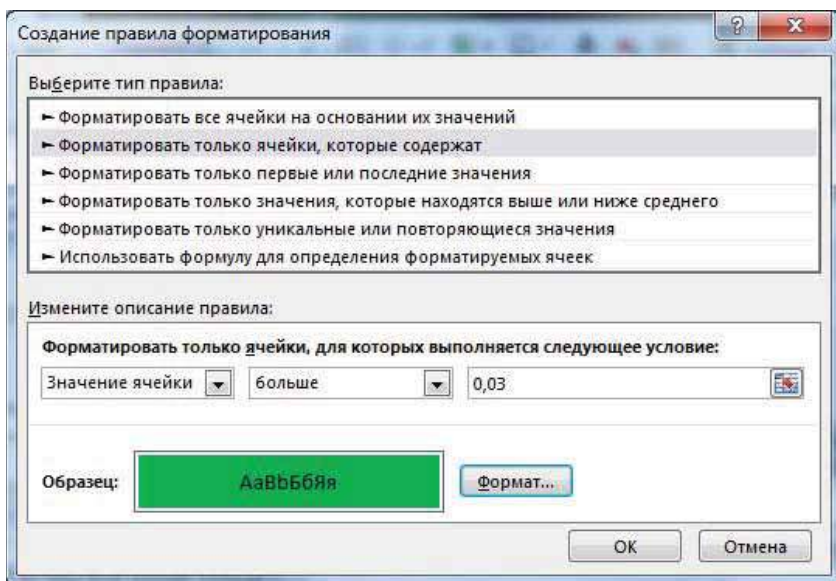


Рис. 23.21. Применение специального форматирования к доходам по S&P больше 3%

Cells) и **Создание правила форматирования** (New Formatting Rule). Теперь можно снова нажать кнопку **Создать правило** (New Rule) и аналогичным образом установить заливку красным цветом для всех ячеек, содержащих значения меньше чем  $-0,03$  (рис. 23.22).

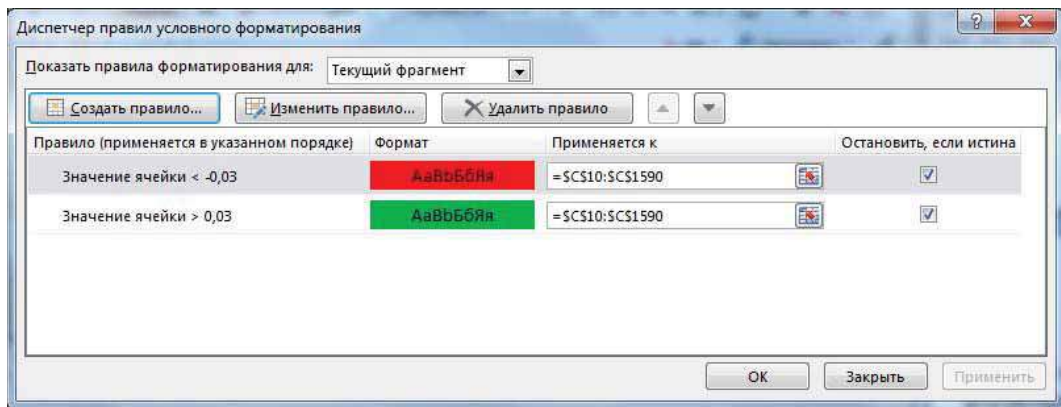


Рис. 23.22. Отображение доходности акций меньше  $-3\%$  красным цветом и больше  $3\%$  зеленым цветом

После нажатия кнопки **ОК** в диалоговом окне **Диспетчер правил условного форматирования** (Conditional Formatting Rules Manager) все доходы по S&P больше  $3\%$  (см. ячейку c23, например) отображаются зеленым цветом, а все доходы меньше чем  $-3\%$  (см. ячейку c18) отображаются красным цветом. Для ячеек, ежемесячные доходы в которых не соответствуют ни одному из этих условий, поддерживается исходное форматирование.

Далее приведены некоторые рекомендации по условному форматированию.

- ◆ Для удаления условного форматирования (или любого формата), примененного к диапазону ячеек, просто выделите этот диапазон ячеек, в раскрывающемся списке **Условное форматирование** (Conditional Formatting) выберите **Удалить правила** (Clear Rules) и затем выберите **Удалить правила из выделенных ячеек** (Clear rules from selected cells).
- ◆ Для выделения всех ячеек на листе, к которым применяется условное форматирование, нажмите клавишу <F5> для открытия диалогового окна **Переход** (Go To). В этом диалоговом окне нажмите кнопку **Выделить** (Special), установите переключатель в положение **Условные форматы** (Conditional Formats) и нажмите кнопку **ОК**.
- ◆ При необходимости изменения правила условного форматирования выберите **Управление правилами** (Manage Rules) и затем дважды щелкните по правилу или нажмите кнопку **Изменить правило** (Edit Rules).
- ◆ Кроме того, для удаления определенного правила условного форматирования можно выбрать **Управление правилами** (Manage Rules), выделить это правило и нажать кнопку **Удалить правило** (Delete Rule).

Обратите внимание, что после того как оба правила определены, правило форматирования красным цветом стоит в списке первым (поскольку оно было создано позже правила форматирования зеленым цветом). В диалоговом окне **Диспетчер правил условного форматирования** (Conditional Formatting Rules Manager) правила указаны в порядке приоритета. В этом примере не имеет значения, какое правило указано первым, поскольку ни одна ячейка не может удовлетворять критериям

обоих правил. Однако в случае возникновения конфликта правил более высокий приоритет имеет правило, стоящее в списке первым. Для изменения порядка применения правил условного форматирования выделите правило и нажмите стрелку вверх для повышения приоритета правила или стрелку вниз для понижения приоритета.

**При поступлении данных о ежеквартальных доходах корпорации как можно выделить одним цветом кварталы, в которых доходы увеличились по сравнению с предыдущим кварталом, и другим цветом кварталы, в которых доходы снизились по сравнению с предыдущим кварталом?**

В файле Amazon.xlsx содержатся данные о ежеквартальных доходах (в млн долларов) для Amazon.com с 1995 по 2009 гг. (рис. 23.23). Требуется выделить зеленым цветом кварталы, доходы в которых увеличились по сравнению с предыдущим кварталом, и красным цветом кварталы, доходы в которых уменьшились по сравнению с предыдущим кварталом.

	С	D	E
4	Финансовый год	Финансовый квартал	Доходы
5	1995	4	0,511
6	1996	1	0,875
7	1996	2	2,230
8	1996	3	4,173
9	1996	4	8,468
10	1997	1	16,005
11	1997	2	27,855
12	1997	3	37,887
13	1997	4	66,040
14	1998	1	87,361
15	1998	2	115,982
16	1998	3	153,649
17	1998	4	252,893
18	1999	1	293,643
19	1999	2	314,376
20	1999	3	355,778
21	1999	4	676,042
22	2000	1	573,889
23	2000	2	577,876
24	2000	3	637,858
25	2000	4	972,360
26	2001	1	700,356

Рис. 23.23. Увеличение продаж выделено зеленым цветом, снижение продаж — красным

В диалоговом окне **Диспетчер правил условного форматирования** (Conditional Formatting Rules Manager) при создании или изменении правила тип правила **Использовать формулу для определения форматируемых ячеек** (Use a formula to determine which cells to format) позволяет указать формулу, определяющую условия,



проверяемые до применения форматирования к ячейке. Эта возможность описывается в данном ответе, но, прежде чем ею воспользоваться, рассмотрим, как в Excel работают некоторые логические функции (см. файл *Logicalexamples.xlsx*).

Что произойдет, если в ячейку B4 ввести формулу, например,  $=B3<2$ ? Если в ячейке B3 находится число меньше 2, то в ячейке B4 будет вычислено значение **ИСТИНА**; в противном случае будет вычислено значение **ЛОЖЬ**. Другие подобные примеры, в том числе комбинации логических функций **И**, **ИЛИ** и **НЕ** в формулах, можно найти в файле *Logicalexamples.xlsx* (рис. 23.24).

- ◆ В ячейке B6 по формуле  $=ИЛИ(B3<3;C3>5)$  вычисляется значение **ИСТИНА**, если одно из условий  $B3<3$  или  $C3>5$  истинно. Поскольку значение в C3 больше 5, вычислено значение **ИСТИНА**.
- ◆ В ячейке B7 по формуле  $=И(B3=3;C3>5)$  вычисляется значение **ИСТИНА**, если  $B3=3$  и  $C3>5$ . Поскольку значение в B3 не равно 3, вычислено значение **ЛОЖЬ**. Однако в ячейке B8 по формуле  $=И(B3>3;C3>5)$  вычислено значение **ИСТИНА**, поскольку оба условия  $B3>3$  и  $C3>5$  истинны.
- ◆ В ячейке B9 по формуле  $=НЕ(B3<2)$  вычислено значение **ИСТИНА**, поскольку  $B3<2$  возвращает значение **ЛОЖЬ**, а неложное значение — это истинное значение.

	A	B	C
2		Логические функции	
3		4	6
4	$B3<2$	ЛОЖЬ	
5	$B3>3$	ИСТИНА	
6	$ИЛИ(B3<3;C3>5)$	ИСТИНА	
7	$И(B3=3;C3>5)$	ЛОЖЬ	
8	$И(B3>3;C3>5)$	ИСТИНА	
9	$НЕ(B3<2)$	ИСТИНА	

Рис. 23.24. Логические функции

Теперь рассмотрим, как тип правила **Использовать формулу для определения форматлируемых ячеек** (Use a formula to determine which cells to format) позволяет создать условный формат в диапазоне ячеек. Начнем с выделения диапазона ячеек, к которому требуется применить условный формат. В раскрывающемся списке **Условное форматирование** (Conditional Formatting) выберите **Управление правилами** (Manage Rules) для открытия диалогового окна **Диспетчер правил условного форматирования** (Conditional Formatting Rules Manager). Нажмите кнопку **Создать правило** (New Rule) и выберите в последней строке тип правила **Использовать формулу для определения форматлируемых ячеек** (Use a formula to determine which cells to format). Далее вводится формула (которая должна начинаться со знака равенства), значение которой истинно тогда и только тогда, когда ячейке в левом верхнем углу должен быть присвоен выбранный формат. Эта логическая формула может быть скопирована как обычная формула в оставшуюся часть выделенного диапазона, так что благоразумно пользуйтесь знаками доллара (\$), обеспечивающими истинность формулы для каждой ячейки диапазона тогда и только тогда, когда к ячейке требуется применить созданный формат. Нажмите кнопку

**Формат** (Format) и введите требуемое форматирование. Нажмите кнопку **ОК**. После нажатия кнопки **ОК** в диалоговом окне **Диспетчер правил условного форматирования** (Conditional Formatting Rules Manager) формула и форматирование копируются во весь диапазон ячеек. Форматирование применяется к любой ячейке выделенного диапазона, которая удовлетворяет условию, определенному в формуле.

Теперь вернемся к файлу Amazon.xlsx и отметим зеленым цветом кварталы, в которых доходы выросли. Выделите диапазон E6:E61 (квартал, с которым можно сравнить цифры доходов в ячейке E5, отсутствует) и создайте правило для выделения зеленым цветом каждой ячейки, значение в которой больше значения в ячейке над ней. Такое правило показано на рис. 23.25.

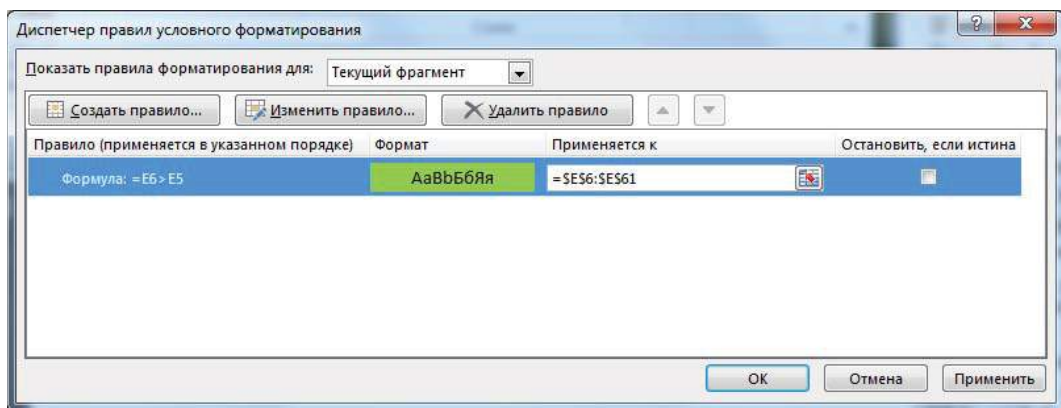


Рис. 23.25. Настройки условного форматирования для окрашивания в зеленый цвет ячеек с возросшими квартальными доходами

При вводе формулы `=E6>E5` путем указания соответствующей ячейки не забудьте удалить знаки доллара (\$) из формулы в диалоговом окне **Диспетчер правил условного форматирования** (Conditional Formatting Rules Manager) или формула не будет скопирована. Вероятно, самый простой способ вставить или удалить знаки доллара состоит в использовании функциональной клавиши <F4>. Например, при выделении ссылки на ячейку A3 нажатие клавиши <F4> вставляет или удаляет знаки доллара в следующем порядке: A3, \$A\$3, A\$3, \$A3. Таким образом, если начать с \$A\$3, нажатие клавиши <F4> изменит ссылку на A\$3. Формула в этом примере гарантирует, что ячейка E6 окрашивается в зеленый цвет тогда и только тогда, когда продажи в соответствующем квартале превысили продажи в предыдущем квартале. После нажатия кнопки **ОК** все кварталы с увеличившимся доходом будут отмечены зеленым цветом. В ячейке E7, например, формула, скопированная обычным способом, превращается в `=E7>E6`.

Для добавления условия к форматированию ячеек, в которых величина доходов уменьшилась, выделите еще раз диапазон E6:E61, откройте диалоговое окно **Диспетчер правил условного форматирования** (Conditional Formatting Rules Manager), нажмите кнопку **Создать правило** (New Rule) и затем выберите тип пра-

вила **Использовать формулу для определения форматируемых ячеек** (Use a formula to determine which cells to format). Введите формулу  $=E6<E5$  и нажмите кнопку **Формат** (Format). На вкладке **Заливка** (Fill) укажите для заливки красный цвет и нажмите кнопку **ОК** дважды. Откроется диалоговое окно **Диспетчер правил условного форматирования** (Conditional Formatting Rules Manager) — рис. 23.26.

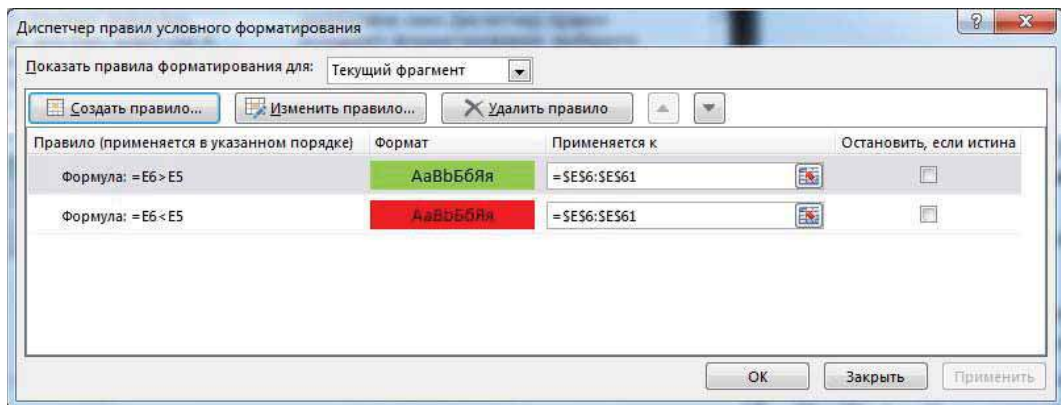


Рис. 23.26. Условия для окрашивания ячеек с возросшими квартальными доходами в зеленый цвет и с уменьшившимися доходами в красный цвет

Точно так же формулы можно использовать при форматировании с помощью гистограмм, цветовых шкал и наборов значков. Выберите тип правила **Использовать формулу для определения форматируемых ячеек** (Use a formula to determine which cells to format) при определении критериев для гистограмм, цветовых шкал и наборов значков.

### Как в заданном списке дат выделить особым цветом даты, приходящиеся на выходные дни?

В файле Weekendformatting.xlsx (рис. 23.27) содержится несколько дат. Необходимо выделить красным цветом субботы и воскресенья. Для этого скопируйте формулу  $=\text{ДЕНЬНЕД}(C6;2)$  из ячейки D6 в ячейки D7:D69. При выборе для аргумента тип значения 2 функция **ДЕНЬНЕД** (WEEKDAY) возвращает значение 1 для понедельников, 2 для вторников и т. д. Таким образом, функция возвращает значение 6 для суббот и 7 для воскресений.

Выделите диапазон D6:D69, в раскрывающемся списке **Условное форматирование** (Conditional Formatting) выберите **Управление правилами** (Manage Rules). Нажмите кнопку **Создать правило** (New Rule) и выберите тип правила **Использовать формулу для определения форматируемых ячеек** (Use a formula to determine which cells to format). Введите формулу и выберите формат в соответствии с рис. 23.28.

После нажатия кнопки **ОК** день недели будет записан шрифтом красного цвета во всех ячейках, в которых функция **ДЕНЬНЕД** возвратила значение 6 (для суббот) или 7 (для воскресений). Формула  $=\text{ИЛИ}(D6=6;D6=7)$  подразумевает активацию красного цве-

та для шрифта при записи в ячейку 6 или 7. Для получения этого форматирования можно также выбрать тип правила **Форматировать только ячейки, которые содержат** (Format only cells that contain) и  $\geq 6$  или  $>5$ .

	В	С	Д	Е	Ф	Г
3			понедельник = 1, вторник = 2 и т.д.			
4						
5		Дата	День недели			
6		08.02.2003	6			
7		02.01.2007	2			
8		02.01.2005	7			
9		25.10.2005	2			
10		10.10.2004	7			
11		13.10.2006	5			
12		26.09.2006	2			
13		25.09.2006	1			
14		01.11.2005	2			
15		29.11.2006	3			
16		16.02.2005	3			
17		27.07.2007	5			
18		24.03.2004	3			
19		06.10.2008	1			
20		11.04.2007	3			
21		03.02.2004	2			
22		22.01.2009	4			
23		29.10.2006	7			
24		09.06.2005	4			
25		16.08.2008	6			

Рис. 23.27. Выделение красным цветом выходных дней с помощью функции ДЕНЬНЕД

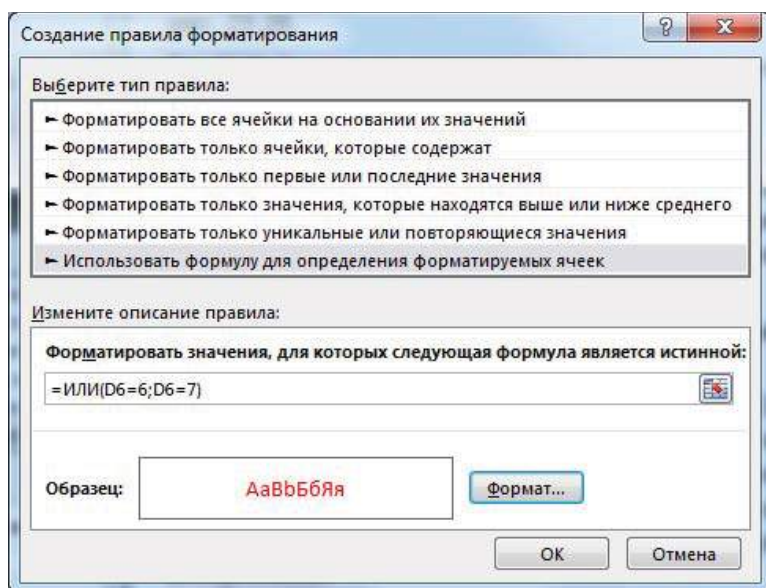


Рис. 23.28. Настройки в диалоговом окне Создание правила форматирования для выделения красным цветом выходных дней

Наш тренер по баскетболу присвоил каждому игроку рейтинг от 1 до 10 на основе способностей игрока к игре в защите, нападении или в качестве центрального. Можно ли создать лист, визуально демонстрирующий способность каждого игрока играть на позиции, на которую его назначили?

В файле Basketball.xlsx (рис. 23.29) содержатся данные о рейтингах двадцати игроков по позициям и позиции каждого игрока (1 — защитник, 2 — нападающий, 3 — центральный). Цель состоит в заполнении красным цветом ячеек, содержащих рейтинги игроков для тех игровых позиций, на которые они назначены.

	A	B	C	D	E	F
1	Позиция		1	2	3	
2	в игре	Игрок	Рейтинг в защите	Рейтинг в нападении	Рейтинг в центре	
3	1	1	1	9	2	1=защитник
4	1	2	4	3	9	2=нападающий
5	2	3	7	3	7	3=центральной
6	2	4	9	8	8	
7	2	5	5	8	9	
8	3	6	2	7	2	
9	3	7	7	6	6	
10	3	8	4	4	3	
11	3	9	3	8	10	
12	3	10	6	1	4	
13	2	11	6	7	5	
14	2	12	2	6	5	
15	2	13	8	6	9	
16	1	14	1	1	3	
17	1	15	3	6	8	
18	2	16	4	10	1	
19	2	17	8	5	1	
20	2	18	1	7	7	
21	3	19	9	2	7	
22	3	20	10	3	10	

Рис. 23.29. Рейтинги способности игроков играть на определенных позициях

Начнем с выделения диапазона ячеек C3:E22, содержащего рейтинги игроков. В раскрываемом списке **Условное форматирование** (Conditional Formatting) выберите **Управление правилами** (Manage Rules). Нажмите кнопку **Создать правило** (New Rule) и выберите тип правила **Использовать формулу для определения форматируемых ячеек** (Use a formula to determine which cells to format). Введите формулу и выберите формат в соответствии с рис. 23.30.

По формуле `= $A3=C$1` сравниваются назначенные игрокам позиции с заголовками столбцов (1, 2 или 3) в строке 1. Если для позиции игрока установлено значение 1 (защитник), ячейка с его рейтингом в столбце C (рейтингом в защите) окрашивается в красный цвет. Аналогично, если для позиции игрока установлено значение 2, ячейка с его рейтингом в нападении в столбце D окрашивается в красный цвет. Наконец, если для позиции игрока установлено значение 3, ячейка с его рейтингом при игре на месте центрального в столбце E окрашивается в красный цвет. Учтите, если не поставить знак доллара перед A и 1 в формуле, формула будет скопирована неправильно.

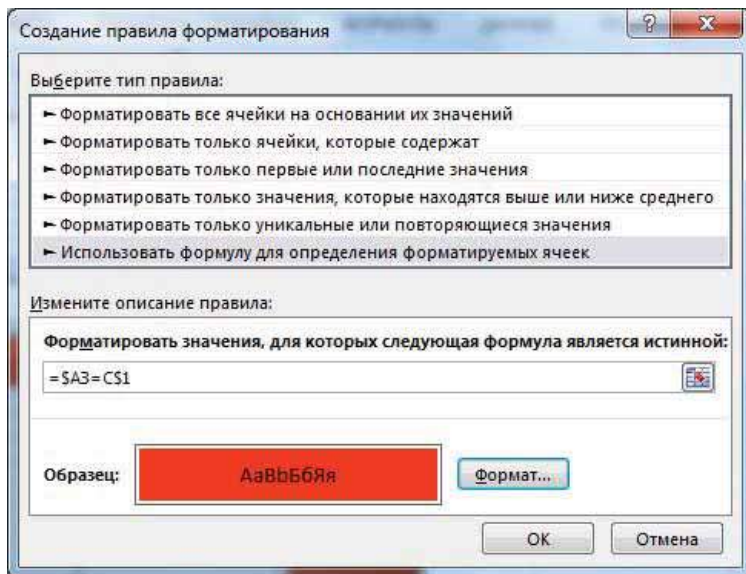


Рис. 23.30. Настройки в диалоговом окне **Создание правила форматирования** для отображения рейтингов игроков красным цветом

Следует также отметить, что в Microsoft Excel 2013 допускается создание условных форматов с формулами, включающими ссылки на данные на других листах.

**Для чего предназначены флажки *Остановить, если истина* в диалоговом окне Диспетчер правил условного форматирования?**

Предположим, что для правила установлен флажок **Остановить, если истина** (Stop If True). Если ячейка удовлетворяет этому правилу, все правила с более низким приоритетом игнорируются. Пример с установленным флажком **Остановить, если истина** (Stop If True) рассмотрен в файле Income.xlsx. В этом файле содержатся данные о средних показателях доходов для всех штатов США между 1984 и 2010 г. Пусть (как показано на рис. 23.31) требуется отметить 10 штатов с самыми высокими показателями доходов в 2010 г. стрелками вверх, а другие штаты не отмечать значками. Ключ к решению задачи — создать первое правило, в котором отсутствует форматирование для 40 самых низких показателей доходов, и установить флажок **Остановить, если истина** (Stop If True). Затем создать требуемый набор значков.

Параметры, которые скрывают стрелки для 40 штатов с самыми низкими показателями доходов в 2010 г., показаны на рис. 23.32.

Параметры для второго правила показаны на рис. 23.33. Обратите внимание, что 20% штатов это  $0,2 \times 50 = 10$  штатов. Остальные параметры не имеют значения.

**Как с помощью инструмента *Формат по образцу* скопировать условный формат?**

Значок **Формат по образцу** (Format Painter) в виде кисти (рис. 23.34) позволяет переписать формат (включая условные форматы) из любой ячейки или группы ячеек

	A	C
1		
2		
3		
4	Штат	2010
5		Средний показатель доходов
6	Alabama	40 976
7	Alaska	↑ 58 198
8	Arizona	47 279
9	Arkansas	38 571
10	California	54 459
11	Colorado	↑ 60 442
12	Connecticut	↑ 66 452
13	Delaware	55 269
14	Florida	44 243
15	Georgia	44 108
16	Hawaii	↑ 58 507
17	Idaho	47 014
18	Illinois	50 761
19	Indiana	46 322
20	Iowa	49 177
21	Kansas	46 229
22	Kentucky	41 236
23	Louisiana	39 443
24	Maine	48 133
25	Maryland	↑ 64 025
26	Massachusetts	↑ 61 333
27	Michigan	46 441

Рис. 23.31. Десять штатов с самыми высокими показателями доходов отмечены стрелками вверх

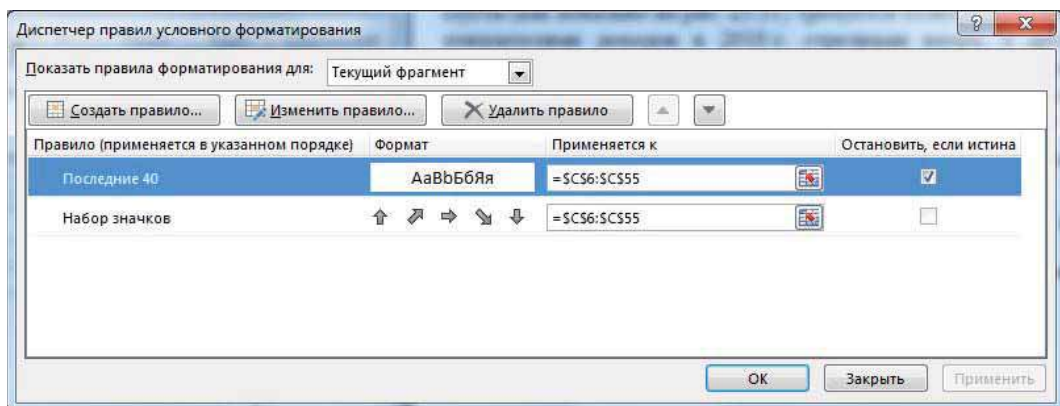


Рис. 23.32. Параметры, гарантирующие, что только 10 самых высоких показателей доходов отмечены стрелками вверх

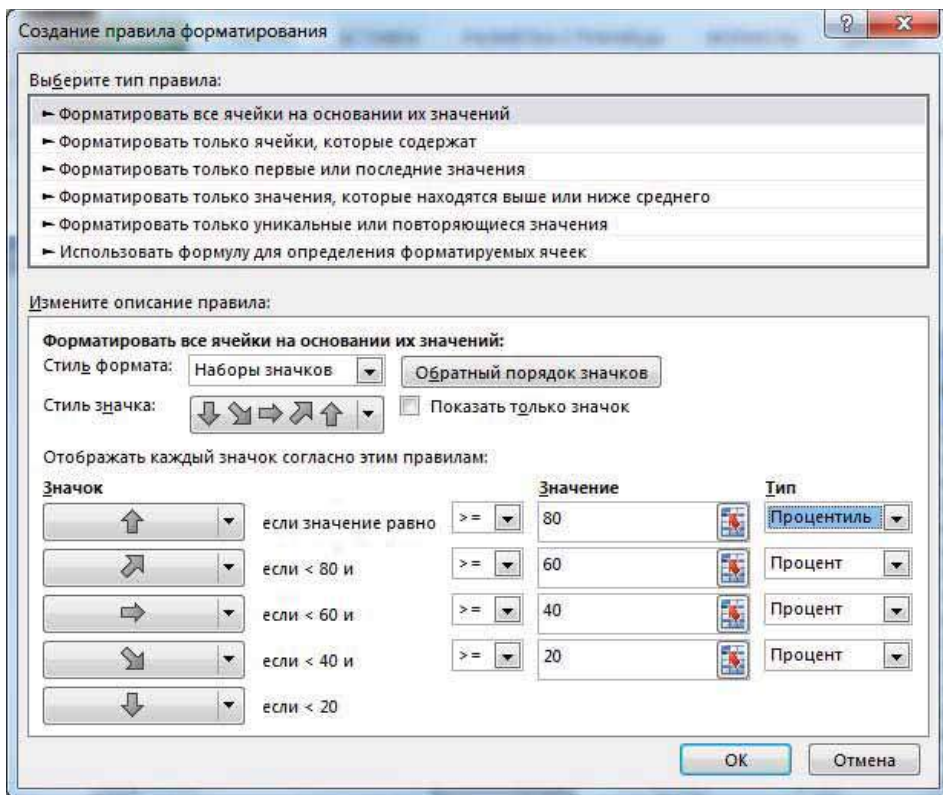


Рис. 23.33. Параметры, гарантирующие, что 10 штатов с самыми высокими показателями доходов отмечены стрелками вверх

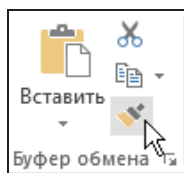


Рис. 23.34. Значок **Формат по образцу**

в любую группу ячеек. Выделите ячейку или группу ячеек с форматом, который требуется скопировать, и щелкните значок **Формат по образцу** (Format Painter). С помощью кисти выберите ячейки, в которые требуется скопировать формат.

Если требуется скопировать формат в диапазон, содержащий несмежные ячейки, дважды щелкните по значку **Формат по образцу** (Format Painter) и выберите как обычно все ячейки, в которые требуется скопировать формат. Для отключения инструмента щелкните по значку **Формат по образцу** (Format Painter) еще раз.



## Задания

- На основе данных в файле Sandp.xlsx примените условное форматирование в следующих ситуациях:
  - используйте полужирный шрифт для каждого месяца, в котором значение фондового индекса S&P увеличилось, и подчеркивание для каждого месяца, в котором значение индекса уменьшилось;
  - выделите зеленым цветом каждый месяц, в котором индекс S&P изменился максимум на 2%;
  - выделите наибольшее значение индекса S&P красным цветом, а наименьшее — фиолетовым.
- На основе данных в файле Toysrusformat.xlsx выделите доходы во всех четвертых кварталах синим цветом, а во всех первых кварталах красным.
- В файле Test.xlsx содержатся данные об экзаменационных баллах студентов. Десять лучших студентов получают оценку А, следующие 20 студентов — оценку В и все остальные студенты — оценку С. Выделите баллы, соответствующие оценке А красным цветом, оценке В зеленым цветом и оценке С синим цветом. Подсказка: функция `НАИБОЛЬШИЙ(D4:D63;10)` возвращает десятый по величине балл на экзамене.
- В файле Weekendformatting.xlsx выделите все выходные дни красным цветом. Выделите синим цветом все дни, которые приходятся на первые 10 дней месяца.
- Предположим, что все сотрудники финансового отдела Microsoft были распределены по четырем группам. Руководитель каждой группы оценил всех сотрудников по шкале 0—10 баллов, а каждый сотрудник оценил удовлетворенность от работы в каждой из четырех групп. (См. файл Satissuper.xlsx.) Для каждого сотрудника в соответствии с группой, в которую он распределен, выделите оценку руководителя и рейтинг удовлетворенности сотрудника работой в этой группе.
- В файле Varianceanalysis.xlsx содержатся ежемесячные прогнозы прибыли и ежемесячные фактические продажи. Отклонение оборота за месяц составляет:

$$\frac{\text{фактические\_продажи} - \text{прогнозируемые\_продажи}}{\text{прогнозируемые\_продажи}}$$

Выделите красным цветом все месяцы с благоприятным отклонением не менее 20% и зеленым цветом все месяцы с неблагоприятным отклонением более 20%.

- На основе данных для примера с себестоимостью препаратов из главы 21 отобразите на листе все затраты на первом этапе красным цветом, все затраты на втором этапе зеленым цветом и все затраты на третьем этапе фиолетовым цветом.
- Файл Names.xlsx содержит список имен. Выделите все повторы зеленым цветом, а все имена, содержащие символы Ja, красным цветом.

9. В файле Duedates.xlsx находятся данные о сроках оплаты различных счетов. Выделите красным цветом все счета, подлежащие оплате в конце следующего месяца.
10. В файле Historicalinvest.xlsx создайте условное форматирование с тремя значками и отметьте ячейки с верхними 10% доходов стрелкой вверх, нижними 10% доходов стрелкой вниз и промежуточными 80% доходов горизонтальной стрелкой.
11. Файл содержит зарплаты игроков НБА в миллионах долларов. Создайте гистограммы, подводящие итоги по этим данным. Зарплате менее 1 млн долларов должен соответствовать самый короткий столбец гистограммы, а зарплате более 15 млн долларов — самый длинный столбец.
12. Создайте трехцветную шкалу для обобщения данных о зарплате игроков НБА. Измените цвет для нижних 10% всех зарплат на зеленый, а для верхних 10% — на красный.
13. Обобщите данные о зарплатах игроков НБА с помощью пяти значков. Создайте точки перелома для значков при 3, 6, 9 и 12 млн долларов.
14. Создайте правило, при котором значки для игроков с зарплатой от 7 до 8 млн долларов не отображаются. Подсказка: установите флажок **Остановить, если истина** (Stop If True).
15. Файл Fractiondefective.xlsx содержит данные о проценте дефектных единиц продукции, производимых в день. Производство за день считается приемлемым, если произведено не более 2% единиц продукции с дефектами. Отметьте все приемлемые дни зеленым флажком. На другом листе отметьте все приемлемые дни красным флажком. Подсказка: установите флажок **Остановить, если истина** (Stop If True) для гарантии, что значок не появится в какой-либо ячейке, содержащей число больше 2.
16. Подведите итоги по данным о глобальном потеплении с помощью трехцветной шкалы. Отметьте более низкие температуры синим цветом, промежуточные температуры желтым цветом и более высокие температуры красным цветом.
17. Предположим, что вы откладываете деньги на образование своего ребенка. Вы вносите одно и то же количество денег в фонд в конце каждого года. Ваша цель — накопить 100 000 долларов. Определите необходимую для этого величину ежегодного вклада при ежегодных доходах от инвестиции от 4 до 15% и сроке инвестирования от 5 до 15 лет. Предположим, что вы можете откладывать по 10 000 долларов в год. С помощью условного форматирования выделите минимальный срок накопления 100 000 долларов для каждой годовой процентной ставки.
18. Файл Amazon.xlsx содержит ежеквартальные доходы Amazon.com. С помощью условного форматирования выделите объемы продаж в разных кварталах различными цветами.
19. С помощью условного форматирования раскрасьте ячейки A1:H8 в шахматном порядке, чередуя черный и белый цвета. Подсказка: функция СТРОКА() возвращает номер строки ячейки, а функция СТОЛБЕЦ() — номер столбца.

20. Когда студенты сдают Вивьен экзамен по бухгалтеру, они должны ввести в систему Scantron свои адреса электронной почты. К сожалению, они часто делают ошибки. У Вивьен есть список фактических адресов электронной почты студентов группы. Она хочет выделить желтым цветом введенные студентами неправильные адреса электронной почты. Тогда она сможет их легко исправить. Необходимые данные находятся в файле Scantrons.xlsx. Помогите Вивьен!
21. Файл Top5.xlsx содержит данные о доходах для каждой из 50 компаний. Для каждого года отметьте 5 компаний с самыми большими доходами. Подсказка: функция `НАИБОЛЬШИЙ(В1:В50;5)` возвращает пятое по величине число в диапазоне В1:В50.
22. В файле Threetimes.xlsx находится список имен. Выделите красным цветом каждое имя, которое встречается не менее трех раз.
23. Файл GNP.xlsx содержит данные о валовом национальном продукте США. Воспользуйтесь тем, что в гистограммах есть возможность обработки отрицательных значений, и подведите итоги по ежеквартальным темпам роста валового национального продукта.
24. На основе данных из файла Globalwarming2011temp.xlsx отметьте годы (а не температуры), в которые температура превышала среднее значение.
25. В файле Accountsums.xlsx (рис. 23.35) представлены еженедельные зарплаты в тысячах долларов (перечисленные в хронологическом порядке), выплаченные нескольким консультантам высшего класса. Например, Britney за первую неделю получил 91 000 долларов, за последнюю — 57 000 долларов.

	A	B	C
4		Britney	
5			60
6			72
7			66
8			55
9			95
10			70
11			51
12			77
13			74
14			61
15			91
16			86
17			95
18			71
19			53
20		Lindsay	
21			71
22			55

Рис. 23.35. Данные для задания 25

- Используйте тип правила **Использовать формулу для определения форматлируемых ячеек** (Use a formula to determine which cells to format) для выделения имени каждого консультанта желтым цветом.
  - Используйте тип правила **Использовать формулу для определения форматлируемых ячеек** (Use a formula to determine which cells to format) для выделения зарплаты каждого консультанта за первую неделю.
26. Файл Shading.xlsx содержит 27 квартальных объемов продаж.
- Выделите ячейки поочередно зеленым и желтым цветом.
  - Выделите по четыре ячейки поочередно зеленым и желтым цветом.



# Сортировка в Excel

### Обсуждаемые вопросы

- ◆ Как можно отсортировать данные торговых сделок сначала по продавцам, потом по продуктам, по количеству проданных единиц товара и в хронологическом порядке от самых старых до самых новых?
- ◆ Мне всегда хотелось отсортировать данные на основе цвета ячеек или цвета шрифта. Возможно ли это в Microsoft Excel 2013?
- ◆ Мне нравятся большие наборы значков, описанные в *главе 23*. Можно ли отсортировать данные на основе значков в ячейке?
- ◆ На листе имеется столбец, в котором указан месяц для каждой продажи. При сортировке по этому столбцу я получаю в верхней части листа или первый месяц по алфавиту, или последний. Как можно отсортировать данные по этому столбцу в хронологическом порядке, т. е. сначала получить сделки за январь, затем за февраль и последующие месяцы?
- ◆ Можно ли отсортировать данные без диалогового окна **Сортировка** (Sort)?

Почти каждому пользователю Microsoft Excel приходилось в тот или иной момент сортировать столбцы данных по алфавиту или по числовым значениям. Вот несколько примеров того, насколько мощно работает сортировка в Microsoft Excel 2013.

### Ответы на вопросы в начале главы

---

В этом разделе приведены ответы на вопросы, перечисленные в начале главы.

**Как можно отсортировать данные торговых сделок сначала по продавцам, потом по продуктам, по количеству проданных единиц товара и в хронологическом порядке от самых старых до самых новых?**

JAC — небольшая компания, продающая косметику. В файле Makeupsorttemp.xlsx на листе Makeup (рис. 24.1) содержатся следующие данные о продажах:

- ◆ номер сделки;
- ◆ имя продавца;
- ◆ дата сделки;
- ◆ проданный продукт;

- ◆ количество;
- ◆ полученная сумма в долларах;
- ◆ место проведения сделки.

	E	F	G	H	I	J	K
	Номер сделки	Имя	Дата	Продукт	Количество	Сумма	Место
3	1	Betsy	01.04.2004	lip gloss	45	\$ 137,20	south
4	2	Hallagan	10.03.2004	foundatio	50	\$ 152,01	midwest
5	3	Ashley	25.02.2005	lipstick	9	\$ 28,72	midwest
6	4	Hallagan	22.05.2006	lip gloss	55	\$ 167,08	west
7	5	Zaret	17.06.2004	lip gloss	43	\$ 130,60	midwest
8	6	Colleen	27.11.2005	eye liner	58	\$ 175,99	midwest
9	7	Cristina	21.03.2004	eye liner	8	\$ 25,80	midwest
10	8	Colleen	17.12.2006	lip gloss	72	\$ 217,84	midwest
11	9	Ashley	05.07.2006	eye liner	75	\$ 226,64	south
12							

Рис. 24.1. Данные сделок до сортировки

Далее указаны требования к отсортированным данным.

- ◆ Сделки должны быть перечислены по продавцам в алфавитном порядке. Требуется отсортировать их в обычном порядке, от А до Z, т. е. сначала все сделки Ashley (Эшли), а все сделки Zaret (Зарет) в конце списка.
- ◆ Сделки каждого продавца сортируются по продуктам в алфавитном порядке. Таким образом, сделки Эшли (Ashley) с подводкой для глаз (eye liner) должны следовать перед сделками с основой под макияж (foundation) и т. д.
- ◆ Для каждого продавца и продукта сделки перечисляются по количеству проданных единиц продукции (в порядке убывания).
- ◆ Если у продавца две или более сделок с одним и тем же продуктом при одинаковом количестве единиц, сделки перечисляются в хронологическом порядке.

В версиях Excel до Microsoft Excel 2007 было трудно выполнять сортировку более чем по трем критериям. Теперь Excel позволяет применять до 64 критериев в одной сортировке. Для сортировки данных по сделкам необходимо сначала выделить данные (диапазон ячеек E3:K1894). Вот два простых способа выделения данных:

- ◆ установите курсор в левом верхнем углу данных (ячейка E3), нажмите комбинацию клавиш <Ctrl>+<Shift>+<→> и затем комбинацию клавиш <Ctrl>+<Shift>+<↓>;
- ◆ установите курсор в любом месте требуемого диапазона и нажмите комбинацию клавиш <Ctrl>+<Shift>+<\*>.

На вкладке **ДААННЫЕ** (DATA) в группе **Сортировка и фильтр** (Sort & Filter) выберите инструмент **Сортировка** (Sort) для открытия диалогового окна **Сортировка** (Sort), показанного на рис. 24.2.

Поскольку в строке 3 находятся заголовки столбцов данных, установите флажок **Мои данные содержат заголовки** (My data has headers). Выберите в указанном

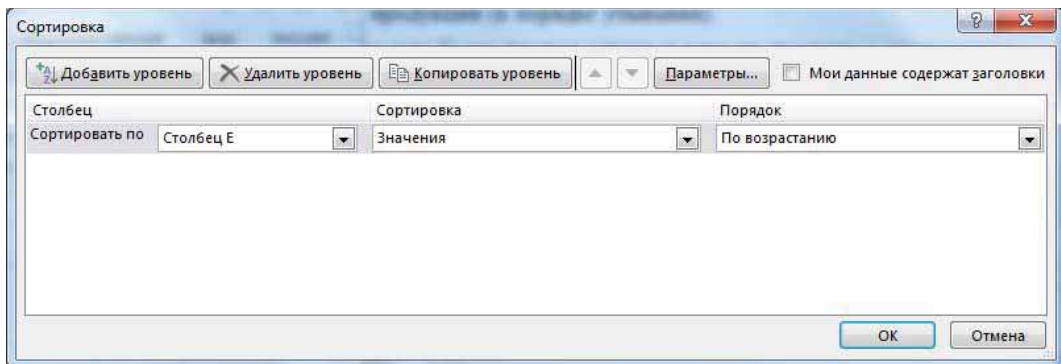


Рис. 24.2. Незаполненное данными диалоговое окно **Сортировка**

порядке с помощью кнопки **Добавить уровень** (Add Level) следующие четыре критерия:

1. Сортировать по столбцу **Имя значения** (это означает содержимое ячеек) в порядке от А до Я.
2. Сортировать по столбцу **Продукт значения** в порядке от А до Я.
3. Сортировать по столбцу **Количество значения** в порядке по убыванию.
4. Сортировать по столбцу **Дата значения** в хронологическом порядке, от старых к новым.

Теперь диалоговое окно выглядит так, как на рис. 24.3.

Результат сортировки показан на рис. 24.4.

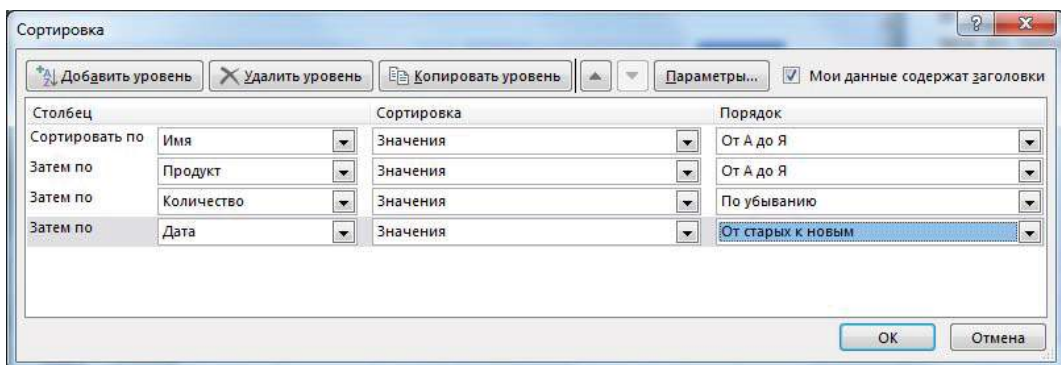


Рис. 24.3. Диалоговое окно **Сортировка** для сортировки данных в примере со сделками

Обратите внимание, что первыми перечислены сделки Эшли с подводкой для глаз, затем с основой для макияжа и т. д. Сделки с подводкой для глаз перечислены по убыванию количества проданных единиц продукции. В случае одинакового количества проданных единиц продукции (см. строки 6 и 7) сделки указаны в хронологическом порядке.



	E	F	G	H	I	J	K
	Номер						
3	сделки	Имя	Дата	Продукт	Количество	Сумма	Место
4	785	Ashley	10.04.2005	eye liner	92	\$ 278,34	east
5	1879	Ashley	18.08.2006	eye liner	90	\$ 271,85	midwest
6	1685	Ashley	05.11.2005	eye liner	88	\$ 265,96	south
7	1737	Ashley	28.03.2006	eye liner	88	\$ 265,53	east
8	1579	Ashley	06.06.2004	eye liner	87	\$ 262,85	east
9	1748	Ashley	04.05.2004	eye liner	85	\$ 256,45	east
10	999	Ashley	14.10.2005	eye liner	82	\$ 248,12	west
11	449	Ashley	06.06.2004	eye liner	81	\$ 244,97	east
12	503	Ashley	07.07.2005	eye liner	81	\$ 245,19	west
13	356	Ashley	29.08.2006	eye liner	76	\$ 229,58	east
14	9	Ashley	05.07.2006	eye liner	75	\$ 226,64	south
15	84	Ashley	01.10.2006	eye liner	73	\$ 221,48	west
16	1552	Ashley	26.01.2004	eye liner	72	\$ 218,33	south
17	1201	Ashley	17.12.2006	eye liner	66	\$ 199,89	south
18	465	Ashley	13.06.2006	eye liner	58	\$ 176,27	south
19	124	Ashley	10.01.2006	eye liner	57	\$ 173,36	west
20	1653	Ashley	04.05.2004	eye liner	56	\$ 170,25	east
21	1428	Ashley	06.12.2006	eye liner	53	\$ 160,85	midwest
22	1470	Ashley	03.10.2005	eye liner	51	\$ 155,05	west

Рис. 24.4. Отсортированные данные по сделкам

В диалоговом окне **Сортировка** (Sort) можно добавить критерии сортировки с помощью кнопки **Добавить уровень** (Add Level), удалить критерии с помощью кнопки **Удалить уровень** (Delete Level), скопировать настройки, определяющие уровень сортировки, с помощью кнопки **Копировать уровень** (Copy Level) или указать, есть ли в выделенных данных заголовки. Нажав кнопку **Параметры** (Options) можно установить флажок для учета регистра при сортировке или даже сортировать данные, находящиеся в разных столбцах (вместо более привычной сортировки по строкам).

### Мне всегда хотелось отсортировать данные на основе цвета ячеек или цвета шрифта. Возможно ли это в Microsoft Excel 2013?

В Microsoft Excel 2013 сортировка на основе цвета ячеек или цвета шрифта выполняется элементарно. Рассмотрим в файле Makeupsorttemp.xlsx лист Makeup. Некоторые имена в столбце F выделены другим цветом. Например, ячейка F31 с именем Cici выделена красным цветом, а ячейка F23 с именем Colleen выделена желтым. Предположим, что необходимо перенести в верхнюю часть списка имена в ячейках с зеленой заливкой, за ними следует расположить ячейки с желтой заливкой и затем с красной. Остальные строки должны располагаться под ними. Для сортировки столбца Имя по цвету выделите диапазон, который требуется отсортировать (E3:K1894), выберите инструмент **Сортировка** (Sort) и нажмите кнопку **Добавить уровень** (Add Level) два раза. Выберите в раскрывающемся списке столбец Имя, затем в раскрывающемся списке **Сортировка** (Sort On) выберите **Цвет ячейки** (Cell Color). (Выберите **Цвет шрифта** (Font Color), если необходимо отсортировать

ячейки по цвету шрифта.) Для первого уровня из раскрывающегося списка **Порядок** (Order) выберите зеленый цвет, для второго уровня — желтый цвет и красный цвет для третьего уровня. Окончательный вид диалогового окна показан на рис. 24.5. Результат сортировки представлен на листе Colors в файле Makeupsort.xlsx и на рис. 24.6.

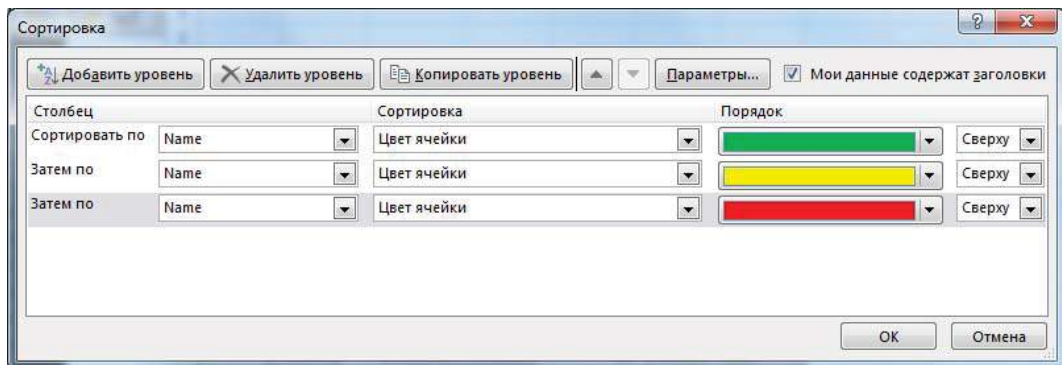


Рис. 24.5. Диалоговое окно **Сортировка** с настройками для сортировки по цвету ячеек

	E	F	G	H	I	J	K
	<b>Номер</b>						
3	сделки	Имя	Дата	Продукт	Количество	Сумма	Место
4	105	Cristina	13.09.2004	lipstick	51	\$ 155,30	midwest
5	165	Hallagan	19.12.2005	foundatio	25	\$ 76,99	east
6	86	Jen	09.08.2005	eye liner	-2	\$ (4,24)	east
7	23	Colleen	01.02.2006	mascara	25	\$ 77,31	midwest
8	14	Hallagan	01.01.2005	eye liner	18	\$ 56,47	south
9	33	Cici	17.06.2004	mascara	41	\$ 125,27	west
10	3	Ashley	25.02.2005	lipstick	9	\$ 28,72	midwest
11	9	Ashley	05.07.2006	eye liner	75	\$ 226,64	south
12	11	Ashley	29.11.2004	mascara	43	\$ 130,84	east
13	12	Ashley	18.11.2004	lip gloss	23	\$ 71,03	west
14	46	Ashley	09.08.2005	mascara	93	\$ 280,69	east
15	65	Ashley	10.04.2005	lip gloss	-6	\$ (15,94)	midwest

Рис. 24.6. Результат сортировки по цвету ячеек

**Мне нравятся большие наборы значков, описанные в главе 23. Можно ли отсортировать данные на основе значков в ячейке?**

Для сортировки по значкам в диалоговом окне **Сортировка** (Sort) в раскрывающемся списке **Сортировка** (Sort On) выберите **Значок ячейки** (Cell Icon). В раскрывающемся списке **Порядок** (Order) выберите для первого уровня значок, отмечающий ячейки, которые требуется поместить в верхнюю часть списка и т. д.

**На листе имеется столбец, в котором указан месяц для каждой продажи. При сортировке по этому столбцу я получаю в верхней части листа или первый месяц по алфавиту, или последний. Как можно отсортировать данные по этому**

**столбцу в хронологическом порядке, т. е. сначала получить сделки за январь, затем за февраль и последующие месяцы?**

В файле Makeupsorttemp.xlsx на листе Dates находится список месяцев (рис. 24.7). Требуется отсортировать месяцы в хронологическом порядке, начиная с января. Начнем с выделения диапазона D6:D15 и укажем сортировку столбца D по значению. Для порядка сортировки выберите **Настраиваемый список** (Custom List), а затем — **январь, февраль, март, апрель, ...**. Обратите внимание, что данные можно также отсортировать по дням недели. Окончательный вид диалогового окна **Сортировка** (Sort) представлен на рис. 24.8, а результаты сортировки — на рис. 24.9.

Следует отметить, что в диалоговом окне **Списки** (Custom Lists) можно создать собственный список порядка сортировки. Выберите **НОВЫЙ СПИСОК** (New List); в разделе **Элементы списка** (List Entries) введите элементы в порядке, требуемом для сортировки, и нажмите кнопку **Добавить** (Add). Новый список будет включен в меню выбора. Например, если ввести в разделе **Элементы списка** (List Entries) Jack, John и Alan (на отдельных строках или через запятую), все записи с именем Jack будут в списке первыми, за ними будут следовать записи с именем John и завершат этот список записи с именем Alan.

	D
5	Месяц
6	фев
7	фев
8	январь
9	авг
10	март
11	апр
12	май
13	январь
14	фев
15	фев

Рис. 24.7. Месяцы, которые необходимо отсортировать

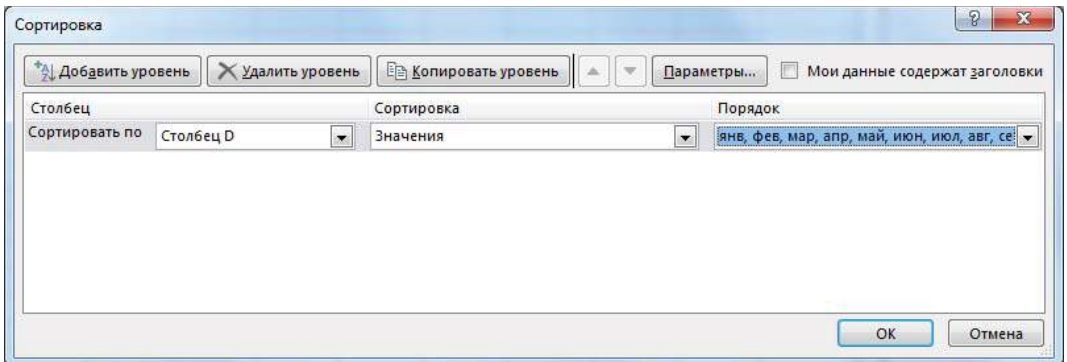


Рис. 24.8. Диалоговое окно **Сортировка** для сортировки по месяцам

	D
5	Месяц
6	январь
7	январь
8	февраль
9	февраль
10	февраль
11	февраль
12	март
13	апрель
14	май
15	август

Рис. 24.9. Месяцы, отсортированные в хронологическом порядке

### Можно ли отсортировать данные без диалогового окна *Сортировка (Sort)*?

Иногда удобнее сортировать данные без диалогового окна **Сортировка (Sort)**. Для иллюстрации этого метода предположим, что снова необходимо отсортировать данные сделок в файле *Makeupsorttemp.xlsx* на листе *Makeup* сначала по продавцам, затем по продуктам, по количеству проданных единиц продукции и, наконец, в хронологическом порядке от старых к новым. Для начала выделите наименее важный столбец для сортировки, которым является столбец с датами (G3:G1894). Затем на вкладке **ДАННЫЕ (DATA)** в группе **Сортировка и фильтр (Sort&Filter)** нажмите кнопку **Сортировка от А до Я (Sort Z To A)**, показанную на рис. 24.10, и в появившемся диалоговом окне, оставив переключатель в положении **автоматически расширить выделенный диапазон (Expand The Selection)**, нажмите кнопку **Сортировка (Sort)** для сортировки всех столбцов. Кнопка **Сортировка от А до Я (Sort Z To A)** предназначена для сортировки текстовых данных от А до Я, а также для сортировки числовых данных по возрастанию и сортировки дат, так что в верхней части списка окажутся меньшие числа или более старые даты.

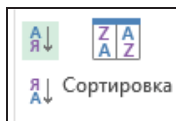


Рис. 24.10. Значок **Сортировка** для сортировки без диалогового окна **Сортировка**

Кнопка **Сортировка от Я до А (Sort Z To A)** предназначена для сортировки текстовых данных от Я до А, а также для сортировки числовых данных по убыванию и сортировки дат, так что в верхней части списка окажутся самые большие числа и самые новые даты.

Далее отсортируйте второй наименее важный столбец (*Количество*) от Я до А, поскольку более крупные сделки должны находиться в верхней части списка. Затем отсортируйте столбец *Продукт* от А до Я и, наконец, столбец с именами продавцов от А до Я. Эти шаги приведут к тем же самым результатам, которые показаны на рис. 24.4.

## Задания

---

1. В файле `Makeupsort.xlsx` отсортируйте данные сделок в алфавитном порядке по месту проведения сделки, затем по типу продукта, имени, дате сделки и количеству проданных единиц продукции.
2. Файл `Sortday.xlsx` содержит данные об отработанных часах в разные дни недели. Отсортируйте данные по дням недели, т. е. за данными для понедельника должны следовать данные для вторника и т. д.
3. Файл `Sorticons.xlsx` содержит данные о годовых доходах от инвестиций, где зеленой стрелкой вверх отмечены удачные годы, желтой горизонтальной стрелкой — относительно удачные годы и красной стрелкой вниз — неудачные годы. Отсортируйте данные в столбце `Stocks` по значкам: сначала стрелки вверх, затем горизонтальные стрелки и за ними стрелки вниз.
4. В файле `Makeupsortfont.xlsx` находятся данные о косметических товарах, в которых некоторые даты записаны синим, красным или коричневым шрифтом. Отсортируйте данные следующим образом: в верхней части списка даты, записанные коричневым шрифтом, за ними даты, записанные красным шрифтом, и затем даты, записанные синим шрифтом.

# Таблицы

### Обсуждаемые вопросы

- ◆ Я указал на листе количество проданных единиц продукции и общую выручку для каждого продавца, и теперь я легко могу вычислить среднюю цену единицы продукции для каждого продавца. Как создать соответствующий формат, который при вводе новых данных копировался бы автоматически? Кроме того, существует ли простой способ автоматического копирования формул при добавлении новых данных?
- ◆ Я ввел в книгу цены на природный газ за несколько лет и создал подходящую линейную диаграмму, отображающую ежемесячное изменение цен. Можно ли добиться того, что при добавлении новой информации о ценах диаграмма обновлялась бы автоматически?
- ◆ Для каждой торговой сделки указаны продавец, дата, продукт, место продажи и объем продажи. Можно ли подсчитать, например, общий объем продаж помады на Востоке для Джен или Коллин?
- ◆ Как срезы (новинка в Microsoft Excel 2013) позволяют выполнить срез данных в таблице Excel?
- ◆ Как сослаться на фрагмент таблицы в других частях листа?
- ◆ Применяются ли условные форматы к новым данным, добавляемым в таблицу?

При работе в Excel часто приходится добавлять в книгу новые данные, а затем вручную обновлять формулы, форматы и диаграммы. Какая скука! Теперь в Microsoft Excel 2013 благодаря новым возможностям обработки таблиц она уходит в прошлое.

### Ответы на вопросы в начале главы

---

В этом разделе приведены ответы на вопросы, перечисленные в начале главы.

**Я указал на листе количество проданных единиц продукции и общую выручку для каждого продавца, и теперь я легко могу вычислить среднюю цену единицы продукции для каждого продавца. Как создать соответствующий формат, который при вводе новых данных копировался бы автоматически? Кроме того, существует ли простой способ автоматического копирования формул при добавлении новых данных?**

Файл Tableexampletemp.xlsx (рис. 25.1) содержит данные о количестве проданных единиц продукции и выручке для каждого из шести продавцов. Известно, что новые данные будут добавлены, начиная со строки 12, и в столбце H потребуется вычислить среднюю цену единицы продукции (выручка/количество) для каждого продавца. Кроме того, необходимо создать приемлемый формат для отображения данных и формулу расчета средней цены, автоматически копируемую при добавлении новых данных.

	E	F	G
5	Имя	Количество	Выручка
6	John	814	39886
7	Adam	594	26136
8	Dixie	528	13200
9	Tad	806	20956
10	Erica	826	27258
11	Gabrielle	779	28044

Рис. 25.1. Данные для создания таблицы

В создаваемой таблице при добавлении новых данных формулы и форматирование должны обновляться автоматически. Начните с выделения текущего диапазона данных и заголовков столбцов (E5:G11). Затем на вкладке **Вставка** (Insert) выберите инструмент **Таблица** (Table) или нажмите клавиши <Ctrl>+<T>. Убедитесь, что флажок **Таблица с заголовками** (My table has headers) установлен, и нажмите кнопку **ОК**. Таблица (E5:G11) отформатирована должным образом. Это форматирование автоматически распространяется на новые данные, вводимые в таблицу. При работе с таблицей на вкладке **КОНСТРУКТОР** (TABLE TOOLS DESIGN), показанной на рис. 25.2, доступно множество стилей и параметров. Эта вкладка видна только при наличии активной ячейки внутри таблицы. На вкладке можно выбрать стиль форматирования, который будет применяться к текущей таблице данных и к любым новым данным, добавляемым в таблицу.



Рис. 25.2. Конструктор таблиц

Обратите внимание, что заголовки таблицы снабжены раскрывающимися списками (рис. 25.3). В этих списках перечислены функциональные возможности для сортировки и фильтрации таблицы (например, фильтрация при вычислении общего объема продаж помады у Джен и Коллин на Востоке рассмотрена далее в этой главе).

Ячейки в выделенной таблице (за исключением заголовков) получают по умолчанию имя Таблица1. Заменяем это имя именем Продажи на вкладке **КОНСТРУКТОР** (DESIGN) в группе **Свойства** (Properties). Если затем перейти на вкладку **ФОРМУЛЫ** (FORMULAS) и открыть **Диспетчер имен** (Name Manager), можно увидеть, что диапазон E6:G12 теперь называется Продажи. Дополнительную привлека-

тельность этому диапазону (и таблице) придает автоматическое расширение диапазона при добавлении новых строк в нижнюю часть таблицы и новых столбцов в ее правую часть. В *главе 21* динамический диапазон был создан с помощью функции СМЕЩ (OFFSET), но новые возможности работы с таблицей превосходят эту функцию по простоте использования.

	E	F	G
5	Имя	Количество	Выручка
6	John	814	39886
7	Adam	594	26136
8	Dixie	528	13200
9	Tad	806	20956
10	Erica	826	27258
11	Gabrielle	779	28044

Рис. 25.3. Таблица для форматирования с фильтрами

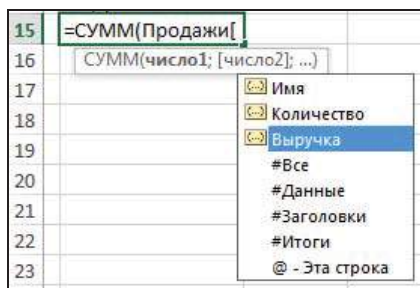


Рис. 25.4. Варианты автозавершения формулы для таблицы

Предположим, что в ячейке D15 необходимо вычислить общую выручку. Начните вводить формулу =СУММ(. Автоматически появятся варианты завершения ввода, в том числе вариант с таблицей Продажи. Для автозавершения формулы дважды щелкните на имени таблицы. Автозавершение также можно активировать, выбрав из списка таблицу Продажи и нажав клавишу <Tab>. Затем после =СУММ(Продажи введите открывающую квадратную скобку ( ( ), функция автозавершения формул предложит добавить заголовки столбцов из таблицы Продажи (рис. 25.4). Завершите написание формулы =СУММ(Продажи[Выручка] ), и в ячейке появится результат вычисления общей выручки в размере 155 480 долларов (рис. 25.5). (Пример выбора в окне автозавершения элемента, начинающегося со знака номера [#], рассмотрен *далее в этой главе* при описании структуры таблицы.)

	D	E	F	G
5		Имя	Количество	Выручка
6		John	814	39886
7		Adam	594	26136
8		Dixie	528	13200
9		Tad	806	20956
10		Erica	826	27258
11		Gabrielle	779	28044
12				
13				
14		Выручка		
15		155480		
16				
17		=СУММ(Продажи[Выручка])		

Рис. 25.5. Общая выручка для исходных данных



При добавлении новых строк данные из этих строк автоматически включаются в формулу расчета. Для примера добавим новые данные в строку 12: Аманда продала 400 единиц продукции на сумму 5000 долларов. Как показано на рис. 25.6, общая выручка увеличилась на 5000 долларов и составила 160 480 долларов.

	C	D	E	F	G
5			Имя	Количество	Выручка
6			John	814	39886
7			Adam	594	26136
8			Dixie	528	13200
9			Tad	806	20956
10			Erica	826	27258
11			Gabrielle	779	28044
12			Amanda	400	5000
13					
14					
15	Выручка	160480			

Рис. 25.6. Общая выручка с учетом новых данных в 12-й строке таблицы

Форматирование также было расширено до строки 12, и формула вычисления общей выручки была изменена для включения данных Аманды. Даже если данные вводятся в среднюю, а не нижнюю часть таблицы, все обновляется должным образом.

Пусть теперь в столбце H необходимо вычислить среднюю цену единицы продукции, полученную каждым продавцом. Введите заголовок столбца Цена единицы продукции в ячейку H5. В ячейку H6 введите знак равенства и затем укажите ячейку G6. Формула примет вид =[@Выручка]. Введите косую черту (/), затем укажите ячейку F6 и нажмите клавишу <Enter>. Произойдет удивительная вещь. Формула будет скопирована автоматически до ячейки H12 в нижней части таблицы (рис. 25.7). В пределах таблицы в любой ячейке столбца H формула имеет вид =[@Выручка] / [@Количество]. Безусловно, такая формула намного проще для понимания,

	C	D	E	F	G	H
5			Имя	Количество	Выручка	Цена единицы продукции
6			John	814	39886	49
7			Adam	594	26136	44
8			Dixie	528	13200	25
9			Tad	806	20956	26
10			Erica	826	27258	33
11			Gabrielle	779	28044	36
12			Amanda	400	5000	12,5
13						
14	Выручка					
15		160480				

Рис. 25.7. Автоматическое копирование формулы расчета цены в таблице

чем формула  $=G6/F6$ . Эта формула интерпретируется как деление того, что находится в текущей строке столбца *Выручка* на то, что находится в текущей строке столбца *Количество*. Если теперь добавить новые данные в первые три столбца таблицы, формула расчета цены будет автоматически скопирована в нижнюю часть таблицы.

При выборе какой-либо ячейки в пределах таблицы на ленте появляется контекстуальная вкладка **Конструктор** (Table Tools), на которой доступны следующие возможности.

- ◆ В поле **Имя таблицы** (Table Name) можно переименовать таблицу, например, изменить имя *Таблица1* (по умолчанию) на *Продажи*.
- ◆ Инструмент **Преобразовать в диапазон** (Convert to Range) преобразует таблицу в обычные ячейки и удаляет табличную структуру.
- ◆ Инструмент **Размер таблицы** (Resize Table) позволяет добавить или удалить строки и/или столбцы в указанной таблице.
- ◆ Инструмент **Удалить дубликаты** (Remove Duplicates) удаляет строки, содержащие дубликаты. Например, если в диалоговом окне **Удалить дубликаты** (Remove Duplicates) указать столбец *Имя*, то никакое имя не появится в столбце больше одного раза. Если выбрать и столбец *Имя*, и столбец *Количество*, то в таблице будут отсутствовать строки с одинаковыми значениями в столбцах *Имя* и *Количество*.
- ◆ Если установлен флажок **Строка заголовка** (Header Row), то на листе отображается содержимое строки заголовка. Если флажок снят, то строка заголовка пуста.
- ◆ Флажок **Строка итогов** (Total Row) будет рассмотрен в пояснениях к структуре таблицы *далее в этой главе*.
- ◆ Если установлен флажок **Первый столбец** (First Column), к первому столбцу таблицы применяется специальный формат.
- ◆ Если установлен флажок **Последний столбец** (Last Column), то специальный формат применяется к последнему столбцу таблицы.
- ◆ Если установлен флажок **Чередующиеся строки** (Banded Rows), то к четным строкам таблицы применяется формат, отличный от формата для нечетных строк.
- ◆ Если установлен флажок **Чередующиеся столбцы** (Banded Columns), то к нечетным столбцам таблицы применяется формат, отличный от формата для четных столбцов.
- ◆ В группе **Стили таблиц** (Table Styles) может быть выбран любой из представленных форматов. Если таблица расширяется или сжимается, формат применяется в соответствии с этими изменениями.

**Я ввел в книгу цены на природный газ за несколько лет и создал подходящую линейную диаграмму, отображающую ежемесячное изменение цен. Можно ли добиться того, что при добавлении новой информации о ценах диаграмма обновлялась бы автоматически?**

В файле Gasprices507.xlsx на листе Original находятся данные о ценах на природный газ с июля 2002 г. по декабрь 2004 г. (рис. 25.8). В соответствии с приведенными ранее инструкциями выделите диапазон B4:C34 (содержащий месяцы и цены) и нажмите комбинацию клавиш <Ctrl>+<T> для создания таблицы из этого диапазона. Для просмотра данных можно создать линейный график. Для этого на вкладке **ВСТАВКА** (INSERT) в группе **Диаграммы** (Charts) выберите инструмент **График** (Line) и затем четвертый тип линейного графика. Уже созданный линейный график показан на рис. 25.9.

	В	С
4	месяц	цена на газ
5	июл.02	3,278
6	авг.02	2,976
7	сен.02	3,288
8	окт.02	3,686
9	ноя.02	4,126
10	дек.02	4,140
11	январ.03	4,988
12	февр.03	5,660
13	мар.03	9,133
14	апр.03	5,146
15	май.03	5,123
16	июн.03	5,945
17	июл.03	5,291
18	авг.03	4,693
19	сен.03	4,927
20	окт.03	4,430
21	ноя.03	4,459
22	дек.03	4,860
23	январ.04	6,150
24	февр.04	5,775
25	мар.04	5,150
26	апр.04	5,365
27	май.04	5,935
28	июн.04	6,680
29	июл.04	6,141
30	авг.04	6,048
31	сен.04	5,082
32	окт.04	5,723
33	ноя.04	7,626
34	дек.04	7,976

Рис. 25.8. Цены на газ в 2002—2004 гг.



Рис. 25.9. Линейный график цен на газ в 2002—2004 гг.

А теперь скопируйте этот лист. Для этого щелкните правой кнопкой мыши на имени листа, затем выберите команду **Переместить или скопировать** (Move or copy sheet) и установите флажок **Создать копию** (Make a copy). Добавьте цены на газ до августа 2006 г. Теперь данные занимают ячейки до строки 54. Присвойте новому листу имя newdata. Обратите внимание, что при добавлении новых данных линейный график на этом листе обновляется автоматически (рис. 25.10).

Этот пример показывает, что для основанного на таблице графика новые данные включаются в график автоматически.



Рис. 25.10. Линейный график цен на газ в 2002—2006 гг.

Для каждой торговой сделки указаны продавец, дата, продукт, место продажи и объем продажи. Можно ли подсчитать, например, общий объем продаж помады на Востоке для Джен или Коллин?

Файл Tablemakeurtemp.xlsx содержит данные о торговых сделках (рис. 25.11). Для каждой сделки указана следующая информация: номер сделки, имя, дата, продукт, место, сумма в долларах и количество проданных единиц продукции. Если сформатировать эти данные в виде таблицы, можно добавить строку итогов для столбцов Количество и Сумма и затем с помощью фильтров создать строку итогов для любого подмножества сделок. Сначала установите курсор на какую-либо ячейку диапазона

	E	F	G	H	I	J	K
3	Номер сделки	Имя	Дата	Продукт	Количество	Сумма	Место
4	1	Betsy	38078	lip gloss	45	137,2045583	south
5	2	Hallagan	38056	foundation	50	152,0073031	midwest
6	3	Ashley	38408	lipstick	9	28,71948312	midwest
7	4	Hallagan	38859	lip gloss	55	167,0753225	west
8	5	Zaret	38155	lip gloss	43	130,6028724	midwest
9	6	Colleen	38683	eye liner	58	175,9909741	midwest
10	7	Cristina	38067	eye liner	8	25,80069218	midwest
11	8	Colleen	39068	lip gloss	72	217,8396539	midwest
12	9	Ashley	38903	eye liner	75	226,6423269	south
13	10	Betsy	38936	lip gloss	24	73,50234217	east
14	11	Ashley	38320	mascara	43	130,8353684	east
15	12	Ashley	38309	lip gloss	23	71,03436769	west
16	13	Emilee	38595	lip gloss	49	149,5927969	west
17	14	Hallagan	38353	eye liner	18	56,47199923	south
18	15	Zaret	38980	foundation	-8	-21,99304472	east
19	16	Emilee	38089	mascara	45	137,3903759	east

Рис. 25.11. Таблица с данными продаж декоративной косметики

с данными и нажмите клавиши <Ctrl>+<T> для создания таблицы. Обратите внимание, что при просмотре таблицы с помощью прокрутки строка заголовков остается видимой. Выделите какую-либо ячейку таблицы и на вкладке **КОНСТРУКТОР** (DESIGN) в группе **Параметры стилей таблиц** (Table Style Options) установите флажок **Строка итогов** (Total Row). По умолчанию общее количество строк таблицы появится в ячейке K1895. Его можно удалить. Выделите ячейку I1895, нажмите справа от ячейки на стрелку раскрывающегося списка и выберите **Сумма** (Sum). Прделайте то же самое для ячейки J1895. Так будут подведены итоги для всех записей в столбцах *Количество* и *Сумма*. Таким образом, на текущий момент общая выручка составляет 239 912,67 долларов, и в сумме продано 78 707 единиц продукции. (См. рис. 25.12 и файл Tablemakeuptotals.xlsx.)

1893	1899 Hallagan	39024 eye liner	28	85,65682953	south
1894	1900 Cristina	38881 eye liner	54	164,4873342	midwest
1895	Итого		78707	239912,6741	1891

Рис. 25.12. Общая выручка и количество проданных единиц продукции

Для подведения итогов по сделкам только с помадой на Востоке для Эшли (Ashley) и Хэллагана (Hallagan) нажмите стрелку раскрывающегося списка в ячейке F3 (справа от заголовка *Имя*). Снимите флажок **Выделить все** (Select All), а затем установите флажки только для продавцов Ashley и Hallagan (рис. 25.13) и нажмите кнопку **ОК**. Затем нажмите стрелку в ячейке с заголовком *Продукт* и установите флажок только для помады (lipstick) и, наконец, нажмите стрелку в ячейке с заголовком *Место* и установите флажок для Востока (East). Теперь перед вами только данные, соответ-

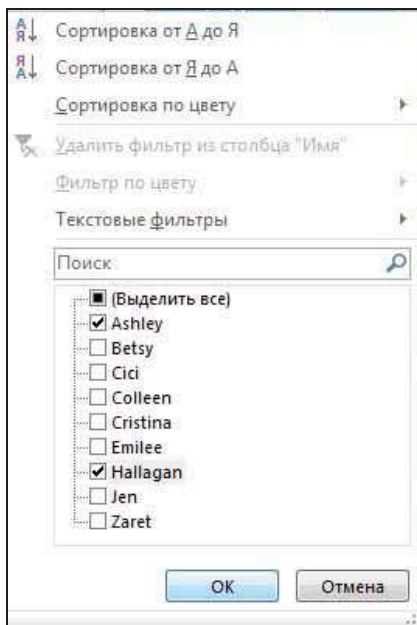


Рис. 25.13. Фильтр по именам в таблице

ствующие критериям фильтрации (см. рис. 25.14 и лист *Slicers* в файле *Tablemakeuptotals.xlsx*). Как видно из рисунка, эти ребята продали 564 помады на Востоке на общую сумму 1716,56 долларов. Инструмент фильтрации таблицы позволяет подвести итоги для любого подмножества строк на листе Excel. В случае необходимости можно также скопировать строки, связанные с продажей помады Коллин или Джен на Востоке, и вставить их в каком-либо другом месте листа.

	E	F	G	H	I	J	K
3	Номер сделки	Имя	Дата	Продукт	Количество	Сумма	Место
282	288	Ashley	38606	lipstick	-8	-21,9125458	east
565	571	Hallagan	38925	lipstick	60	182,2924607	east
670	676	Hallagan	38023	lipstick	8	25,63945706	east
702	708	Ashley	38375	lipstick	71	215,1433462	east
968	974	Ashley	39002	lipstick	72	218,0571538	east
1142	1148	Ashley	38727	lipstick	42	127,8685805	east
1173	1179	Ashley	38452	lipstick	70	211,6914545	east
1186	1192	Hallagan	38023	lipstick	40	122,5516179	east
1282	1288	Ashley	38320	lipstick	84	254,1193721	east
1332	1338	Ashley	38969	lipstick	50	152,3101916	east
1423	1429	Hallagan	38441	lipstick	24	73,61606446	east
1469	1475	Ashley	38705	lipstick	51	155,1847283	east
1895	Итого				564	1716,561881	12

Рис. 25.14. Окончательные итоги фильтрации

### Как срезы (новинка в Microsoft Excel 2013) позволяют выполнить срез данных в таблице Excel?

В Microsoft Excel 2010 срезы были введены для упрощения фильтрации сводных таблицы (дополнительную информацию о сводных таблицах и срезах см. в главе 43). В Microsoft Excel 2013 срезы используются для фильтрации обычных таблиц. Преимущество срезов заключается в возможности просмотра доступных параметров фильтров и выбранных параметров. Создадим фильтры для примера с декоративной косметикой. Поместите курсор внутрь таблицы и на вкладке **ВСТАВКА** (INSERT) в группе **Фильтры** (Filters) выберите **Срез** (Slicers). Для создания срезов по имени, продукту и месту продажи установите соответствующие флажки (рис. 25.15).

Срезы представлены на рис. 25.16. В срезе можно указать фильтрацию по нескольким элементам с помощью клавиши <Shift> для выбора смежных элементов или клавиши <Ctrl> для выбора несмежных элементов.

В срезах на рис. 25.16 данные отфильтрованы по всем продажам помады на Востоке для Эшли (Ashley) и Хэллагана (Hallagan). Обратите внимание, что строка итогов и видимые строки идентичны строкам на рис. 25.14. Для удаления всех фильтров щелкните по значку в правом верхнем углу среза.

Размер среза можно изменить путем выбора этого среза и перетаскивания его краев или углов. После выбора среза на ленте появляется вкладка **ПАРАМЕТРЫ**

(SLICER TOOLS OPTIONS) для настройки среза. На этой вкладке можно изменить многие свойства среза, включая стиль среза, имя, размер, и количество столбцов в срезе.

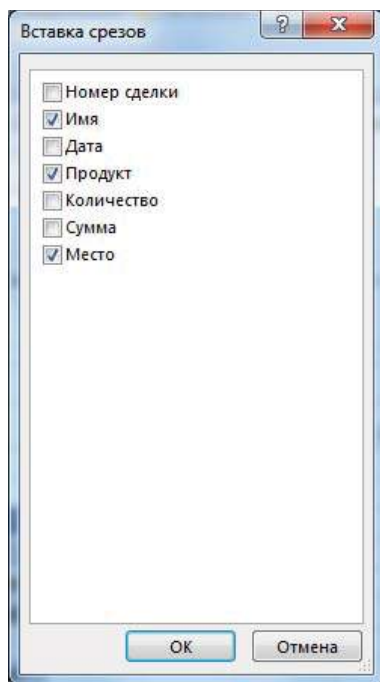


Рис. 25.15. Создание срезов по имени, продукту и месту продажи

	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1											
2											
3		Номер сделки	Имя	Дата	Продукт	Количество	Сумма	Место			
282		288	Ashley	38606	lipstick	-8	-21,912546	east			
565		571	Hallagan	38925	lipstick	60	182,292461	east			
670		676	Hallagan	38023	lipstick	8	25,6394571	east			
702		708	Ashley	38375	lipstick	71	215,143346	east			
968		974	Ashley	39002	lipstick	72	218,057154	east			
1142		1148	Ashley	38727	lipstick	42	127,868581	east			
1173		1179	Ashley	38452	lipstick	70	211,691454	east			
1186		1192	Hallagan	38023	lipstick	40	122,551618	east			
1282		1288	Ashley	38320	lipstick	84	254,119372	east			
1332		1338	Ashley	38969	lipstick	50	152,310192	east			
1423		1429	Hallagan	38441	lipstick	24	73,6160645	east			
1469		1475	Ashley	38705	lipstick	51	155,184728	east			
1895		Итого				564	1716,56188	12			
1896											
1897											
1898											
1899											
1900											
1901											
1902											
1903											

Рис. 25.16. Фильтрация таблицы с помощью срезов

## Как сослаться на фрагмент таблицы в других частях листа?

В файле Tablestructure.xlsx приведено множество примеров ссылок на фрагменты таблицы при работе за пределами таблицы. Такие ссылки часто называют *структурированными ссылками* (рис. 25.17). После ввода в формуле имени таблицы, за которым следует открывающая квадратная скобка (`(`), функция автозавершения формул предоставляет для выбора имени столбцов и определенных части таблицы.

- ◆ **Имя таблицы** — все ячейки в таблице за исключением заголовков и строк итогов (имя таблицы указывается без квадратных скобок).
- ◆ **#Все** — все ячейки в таблице, включая строку заголовков и строку итогов (если таковая имеется).
- ◆ **#Данные** — все ячейки в таблице, за исключением строки заголовков и строки итогов.
- ◆ **#Заголовки** — только строка заголовков.
- ◆ **#Итоги** — только строка итогов. Если строка итогов отсутствует, возвращается пустой диапазон ячеек.
- ◆ **@** — **Эта строка** — все элементы в текущей строке таблицы.

Ссылка на столбец включает все ячейки в столбце таблицы, кроме заголовка и записи в строке итогов (если таковая имеется).

	A	B	C	D	E	F	G	H
4				Продукт	Q1	Q2	Q3	Q4
5				food1	37	42	24	32
6				mag1	20	23	24	41
7				drug1	47	34	41	28
8		158		drug2	41	28	49	40
9				food2	44	22	46	50
10	=СУММ(Таблица1[@])			drug1	39	25	38	29
11				mag2	26	35	31	30
12				food4	48	49	50	50
13				mag3	65	34	35	43
14				Итого	367	292	338	343
15			55	=СЧЁТЗ(Таблица1[#Все])				
16			45	=СЧЁТЗ(Таблица1)				
17			45	=СЧЁТЗ(Таблица1[#Данные])				
18			5	=СЧЁТЗ(Таблица1[#Заголовки])				
19			367	=СУММ(Таблица1[Q1])				
20			1340	=СУММ(Таблица1[#Итоги])				
21			997	=СУММ(Таблица1[#Данные];[Q1]:[Q3])				

Рис. 25.17. Структурированные ссылки на таблицу

Вот несколько примеров использования определенных частей таблицы в формулах:

- ◆ в ячейке B8 по формуле `=СУММ(Таблица1[@])` суммируются элементы в строке 8 ( $41 + 28 + 49 + 40$ );
- ◆ в ячейке C15 формула `=СЧЁТЗ(Таблица1[#Все])` дает в результате 55, поскольку в таблице 55 элементов;



- ◆ в ячейке C16 формула =СЧЁТЗ(Таблица1) дает в результате 45, поскольку строки заголовков и итогов не учитываются;
- ◆ в ячейке C17 формула =СЧЁТЗ(Таблица1[#Данные]) дает в результате 45, поскольку это ссылка на диапазон ячеек D5:H13;
- ◆ в ячейке C18 формула =СЧЁТЗ(Таблица1[#Заголовки]) дает в результате 5, поскольку это ссылка только на строку заголовков (D4:H4);
- ◆ в ячейке C19 формула =СУММ(Таблица1[Q1]) дает в результате 367, поскольку по этой формуле суммируются элементы в диапазоне E5:E13;
- ◆ в ячейке C20 по формуле =СУММ(Таблица1[#Итоги]) суммируются все элементы в строке итогов, и в результате получается 1340, что является суммой всех элементов таблицы;
- ◆ в ячейке C21 по формуле =СУММ(Таблица1[#Данные];[Q1]:[Q3]) суммируются все элементы данных в столбцах Q1:Q3 включительно (ячейки E5:G13). Таким образом, имена столбцов, разделенные двоеточием, включают все элементы данных между этими столбцами и элементы данных в этих столбцах.

Безусловно, при добавлении новых данных в таблицу все эти формулы обновляются автоматически.

### Применяются ли условные форматы к новым данным, добавляемым в таблицу?

Да, условные форматы автоматически охватывают новые данные (рис. 25.18). Для примера в файле Tablestructure.xlsx на листе Original условный формат установлен для выделения трех самых больших значений объема продаж Q1 в столбце E. Записи в строках 7, 12 и 13 выделены красным цветом. На листе Add Biggersale в ячейку E14 добавлено значение 90. Оказалось, что это самое большое значение в столбце, которое немедленно было выделено красным цветом. Ячейка E7 не выделена красным цветом, поскольку значение в ней больше не является одним из трех самых больших значений в столбце E.

	D	E	F	G	H
4	Продукт	Q1	Q2	Q3	Q4
5	food1	37	42	24	32
6	mag1	20	23	24	41
7	drug1	47	34	41	28
8	drug2	41	28	49	40
9	food2	44	22	46	50
10	drug1	39	25	38	29
11	mag2	26	35	31	30
12	food4	48	49	50	50
13	mag3	65	34	35	43
14	drug3	90	45	34	23

Рис. 25.18. Автоматическое распространение условного форматирования на новые данные в таблице

## Задания

1. В файле `Singers.xlsx` находится список песен в исполнении различных певцов, а также продолжительность звучания каждой песни. Вычислите общее количество песен в исполнении Эминема и среднюю продолжительность звучания его песен. При добавлении новых данных все формулы должны обновляться автоматически.
2. В файле `Tableexample.xlsx` включите в лист ранг для каждого продавца согласно общей выручке и количеству проданных единиц товара. При добавлении новых данных ранги должны обновляться автоматически. Вероятно, стоит воспользоваться функцией `РАНГ`. Ее синтаксис в данном случае: `РАНГ(число; массив; 0)`. Эта функция возвращает ранг числа в массиве. У самого большого числа ранг равен 1.
3. Файл `Lookupdata.xlsx` содержит коды продуктов и цены. Обеспечьте возможность ввода кода продукта и получения по коду его цены. При добавлении новых продуктов формула по-прежнему должна выдавать правильный ответ.
4. Файл `Productlookup.xlsx` содержит данные о продаже продукции в каждый из дней недели. Создайте формулу, по которой рассчитывается объем продаж любого продукта в любой день недели. При добавлении в данные новых продуктов в формуле должны быть учтены объемы продаж для этих продуктов.
5. В файле `Tablepie.xlsx` хранится информация о продажах различных продуктов в небольшом универсальном магазине. Для подведения итогов по этим данным необходимо создать круговую диаграмму. При добавлении новых категорий продуктов круговая диаграмма должна автоматически включать новые данные.
6. В файле `Tablexnpvdata.xlsx` указаны денежные потоки малого бизнеса. Создайте формулу для вычисления (по состоянию на 5 января 2007 г.) чистой приведенной стоимости (ЧПС) всех денежных потоков. Предположим, что годовая ставка дисконта составляет 10%. При вводе новые потоки должны учитываться в формуле автоматически.
7. Файл `Nikedata.xlsx` содержит данные о ежеквартальных доходах от продаж компании Nike. Постройте график доходов Nike, автоматически включающий новые данные о доходах.
8. Для данных в файле `Tablemakeuptemp.xlsx` определите общее количество проданных единиц продукции и выручку для помады и блеска для губ, проданных Джен (Jen) и Эшли (Ashley) на юге и востоке.
9. В файле `Closest.xlsx` находится список сотрудников и их зарплат. Необходимо по любому заданному числу определить сотрудника, размер зарплаты которого ближе всего к этому числу. Цель должна быть достигнута даже в случае добавления новых имен или удаления из списка существующих имен.
10. В файле `Adagency.xlsx` содержатся данные о зарплатах и возрасте сотрудников рекламного агентства. Вычислите среднюю зарплату и средний возраст сотрудников агентства. При найме на работу и увольнении сотрудников вычисления должны обновляться автоматически.



# Счетчики, полосы прокрутки, переключатели, флажки, группы и поля со списками

### Обсуждаемые вопросы

- ◆ Мне необходимо запустить анализ чувствительности с множеством ключевых исходных данных, таких как объем продаж за первый год, годовой рост продаж, цена реализации в первый год и себестоимость единицы продукции. Каким образом можно быстро изменить эти исходные данные и отследить влияние такого изменения, например, на расчет чистой приведенной стоимости?
- ◆ Как создать простой флажок, с помощью которого можно было бы включать и отключать условное форматирование?
- ◆ Как создать лист, который позволит персоналу сети поставщиков одним нажатием кнопки назначить высокую, низкую или среднюю цену продукта?
- ◆ Как предоставить пользователю простой способ ввода дня недели без необходимости вводить с клавиатуры какой-либо текст?

Пользователи Microsoft Excel 2013 с помощью пользовательских форм могут добавить на лист множество удобных элементов управления. В данной главе описываются простые способы применения счетчиков, полос прокрутки, флажков, переключателей, групп и полей со списками. Для доступа к пользовательским формам Excel откройте на ленте вкладку **РАЗРАБОТЧИК** (DEVELOPER) и в группе **Элементы управления** (Controls) выберите **Вставить** (Insert). Не путайте элементы управления формы с элементами управления ActiveX, которые обычно используются в языке программирования Microsoft Visual Basic for Applications (VBA).

### ПРИМЕЧАНИЕ

Для отображения вкладки **РАЗРАБОТЧИК** (DEVELOPER) откройте вкладку **ФАЙЛ** (FILE) и выберите команду **Параметры** (Options). В левой части окна выберите раздел **Настроить ленту** (Customize Ribbon) и затем в списке **Основные вкладки** (Main Tabs) установите флажок **Разработчик** (Developer).

Пользовательские формы, описанные в этой главе, представлены на рис. 26.1—26.6. (См. также файл Controls.xlsx в папке Practice files к этой главе.)



Рис. 26.1. Счетчик



Рис. 26.2. Полоса прокрутки

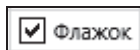


Рис. 26.3. Флажок



Рис. 26.4. Переключатель

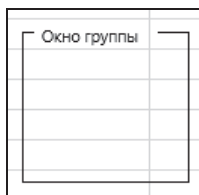


Рис. 26.5. Группа



Рис. 26.6. Поле со списком и список

## Ответы на вопросы в начале главы

В этом разделе приведены ответы на вопросы, перечисленные в начале главы.

Сначала рассмотрим способы применения счетчиков и полос прокрутки.

Как уже было сказано в *главе 18*, для изменения группы исходных ячеек в целях просмотра соответствующих изменений в конечных результатах служит **Диспетчер сценариев** (Scenario Manager). К сожалению, **Диспетчер сценариев** (Scenario Manager) требует ввода каждого сценария по отдельности, что затрудняет создание достаточно большого количества сценариев. Предположим, например, что для модели чистой приведенной стоимости четырьмя ключевыми входными параметрами (ЧПС) являются объем продаж за первый год, рост продаж, цена реализации в первый год и себестоимость в первый год. (См. файл NPVspinners.xlsx.) Необходимо проследить, как изменяется ЧПС при изменении входных параметров в пределах, указанных в табл. 26.1.

Таблица 26.1

Исходные данные	Нижнее значение	Верхнее значение
Объем продаж в первый год, долл.	5000	30 000
Годовой рост продаж, %	0	50
Цена реализации в первый год, долл.	6	20
Себестоимость в первый год, долл.	2	15

Создание сценариев, в которых исходные значения в ячейках варьируются в заданных пределах, при помощи Диспетчера сценариев займет много времени. Быстро создать массу сценариев, в которых каждый входной параметр изменяется от нижнего до верхнего значения, можно с помощью *счетчиков*. Счетчик представляет собой элемент управления, связанный с конкретной ячейкой. Если нажать на счетчике стрелку вверх или вниз, значение в связанной ячейке изменится. Далее будет показано, как изменяется результат вычислений (например, по формуле расчета ЧПС автомобиля) в ответ на изменение исходных данных.

Мне необходимо запустить анализ чувствительности с множеством ключевых исходных данных, таких как объем продаж за первый год, годовой рост продаж, цена реализации в первый год и себестоимость единицы продукции. Каким образом можно быстро изменить эти исходные данные и отследить влияние такого изменения, например, на расчет чистой приведенной стоимости?

Далее описано создание счетчиков, с помощью которых можно изменять значения объема продаж за первый год, годового роста продаж, цены реализации и себестоимости в первый год в требуемых пределах. Лист *Original Model* (см. файл *NPVspinnerstemp.xlsx*) показан на рис. 26.7.

	A	B	C	D	E	F
1		ставка налога	0,4			
2		продажи_год1	10000			
3		рост продаж	0,48		48	
4		цена_год1	\$ 9,00			
5		себестоимость_год1	\$ 6,00			
6		процентная ставка	0,15			
7		рост_себестоимости	0,05			
8		рост_цены	0,03			
9	Год	1	2	3	4	5
10	количество	10000	14800	21904	32417,92	47978,5216
11	цена единицы	\$ 9,00	\$ 9,27	\$ 9,55	\$ 9,83	\$ 10,13
12	себестоимость ед.	\$ 6,00	\$ 6,30	\$ 6,62	\$ 6,95	\$ 7,29
13	выручка	\$ 90 000,00	\$ 137 196,00	\$ 209 141,58	\$ 318 815,43	\$ 486 002,24
14	затраты	\$ 60 000,00	\$ 93 240,00	\$ 144 894,96	\$ 225 166,77	\$ 349 909,16
15	прибыль до уплаты налогов	\$ 30 000,00	\$ 43 956,00	\$ 64 246,62	\$ 93 648,66	\$ 136 093,08
16	налоги	\$ 12 000,00	\$ 17 582,40	\$ 25 698,65	\$ 37 459,46	\$ 54 437,23
17	прибыль после уплаты налогов	\$ 18 000,00	\$ 26 373,60	\$ 38 547,97	\$ 56 189,20	\$ 81 655,85
18						
19	ЧПС	\$133 664,07				

Рис. 26.7. Лист *Original Model* пока без счетчиков

Для создания счетчиков выделите строки, в которые необходимо вставить счетчики (в данном примере это строки 2—5). Увеличьте высоту строк, щелкнув правой кнопкой мыши и выбрав из контекстного меню пункт **Высота строки** (Row Height). Как правило, для размещения стрелок счетчика достаточно указать высоту строки 27. Кроме того, можно удерживать клавишу <Ctrl> при перетаскивании элемента управления, что позволит подогнать его размер под размер ячейки.

Откройте на ленте вкладку **РАЗРАБОТЧИК** (DEVELOPER) и в группе **Элементы управления** (Controls) выберите **Вставить** (Insert) для отображения палитры пользовательских форм. Щелкните на элементе управления **счетчик** (см. рис. 26.1) и

тащите его в требуемую ячейку (в ячейку D2). Курсор примет вид знака "плюс" (+). Нажмите левую кнопку мыши для привязки счетчика к месту и при необходимости измените его размеры. Для изменения формы уже установленного элемента управления или для его перемещения щелкните на элементе управления, удерживая клавишу <Ctrl>. Элемент управления можно перетащить, когда указатель принимает вид четырехнаправленной стрелки. Размеры элемента управления можно изменить, когда указатель принимает вид двунаправленной стрелки.

Итак, теперь в ячейке D2 находится счетчик. С его помощью можно будет изменять значение объема продаж за первый год. Щелкните на счетчике правой кнопкой мыши и в контекстном меню выберите **Копировать (Copy)**. Щелкните правой кнопкой мыши по ячейке D3 и по значку **Вставить (Paste)**. Также вставьте счетчик в ячейки D4 и D5. Теперь на листе должно находиться четыре счетчика (рис. 26.8).

	A	B	C	D
1		ставка налога	0,4	
2		продажи_год1	10000	
3		рост продаж	0,48	
4		цена_год1	\$ 9,00	
5		себестоимость_год1	\$ 6,00	

Рис. 26.8. Счетчики размещены в ячейках

Далее необходимо связать каждый счетчик с ячейкой исходных данных. Для связывания счетчика из ячейки D2 с ячейкой C2 щелкните правой кнопкой мыши на счетчике в ячейке D2 и в контекстном меню выберите **Формат объекта (Format Control)**. Заполните поля в диалоговом окне **Формат элемента управления (Format Control)**. (После выбора на листе ячейки C2 имя окна изменится на **Форматирование объекта** (рис. 26.9).)

Значение в поле **Текущее значение (Current Value)** не важно. Остальные настройки говорят о том, что счетчик связан с ячейкой C2 (это объем продаж за первый год), что каждое нажатие стрелки вверх увеличивает значение в ячейке C2 на 1000 и что каждое нажатие на стрелку вниз уменьшает значение в ячейке C2 на 1000. Когда значение в ячейке C2 достигает 30 000, нажатие на стрелку вверх больше не приводит к его увеличению, а когда значение в ячейке C2 уменьшается до 5000, нажатие на стрелку вниз не приводит к его уменьшению.

С помощью окна **Формат элемента управления (Format Control)** свяжите счетчик в ячейке D4 с ценой реализации в первый год (с ячейкой C4). Установите текущее значение равным 9, минимальное значение — 6, максимальное значение — 20 и шаг изменения — 1. Нажатие стрелок счетчика в ячейке D4 изменяет значение цены реализации в первый год от 6 до 20 долларов с шагом 1 доллар.

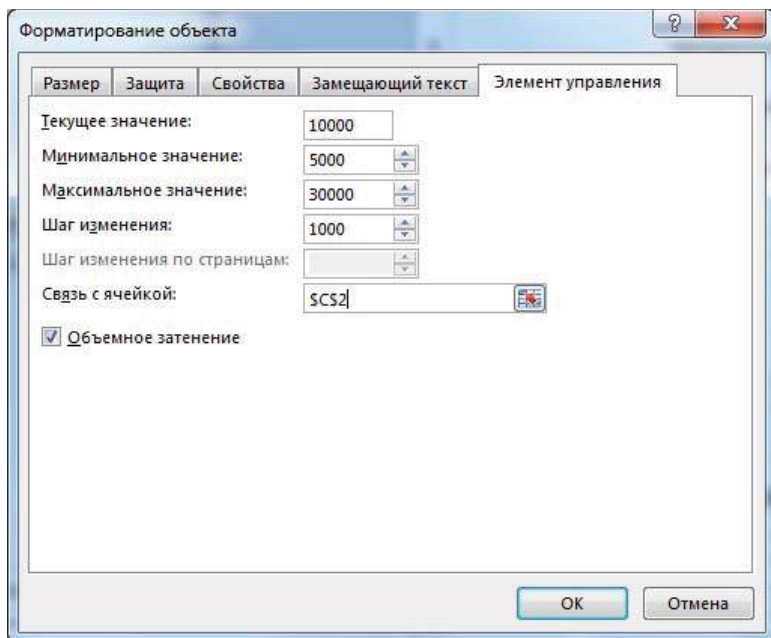


Рис. 26.9. Связывание счетчика с объемом продаж за первый год

При связывании счетчика в ячейке D5 с себестоимостью в первый год (с ячейкой C5) используйте текущее значение 6, минимальное значение 2, максимальное значение 15 и шаг изменения 1. Нажатие стрелок счетчика в ячейке D5 изменяет значение себестоимости от 2 до 15 долларов с шагом 1 доллар.

Связать счетчик в ячейке D3 с ростом продаж немного сложнее. Счетчик должен изменять значение роста продаж от 0 до 50%. Проблема состоит в том, что минимальное значение шага изменения для счетчика равно 1. Следовательно, необходимо связать этот счетчик с фиктивным значением, например, в ячейке E3 и поместить в ячейку C3 формулу  $=E3/100$ . Теперь, т. к. значение в ячейке E3 изменяется от 1 до 50, рост продаж колеблется от 1 до 50%. На рис. 26.10 показано связывание этого счетчика с ячейкой E3. Необходимо помнить, что значение роста продаж в ячейке C3 — это просто число в ячейке E3, деленное на 100.

Кстати, если курсор находится в пределах элемента управления, то, удерживая клавишу <Ctrl>, можно легко изменить размер элемента с помощью меток-манипуляторов.

Нажимая кнопки какого-либо из этих счетчиков, можно видеть, как изменение одного исходного значения в соответствующей ячейке — при фиксированных значениях других указанных на листе исходных данных — влияет на изменение ЧПС автомобиля. Для просмотра влияния изменений можно выделить, например, ячейку E9, на вкладке **ВИД** (VIEW) раскрыть список **Закрепить области** (Freeze Panes) и выбрать в нем пункт **Закрепить области** (Freeze Panes). Это приведет к закреплению данных над строкой 9 и слева от столбца E. Теперь можно воспользоваться полосой прокрутки в нижней части листа и придать листу вид как на рис. 26.11.



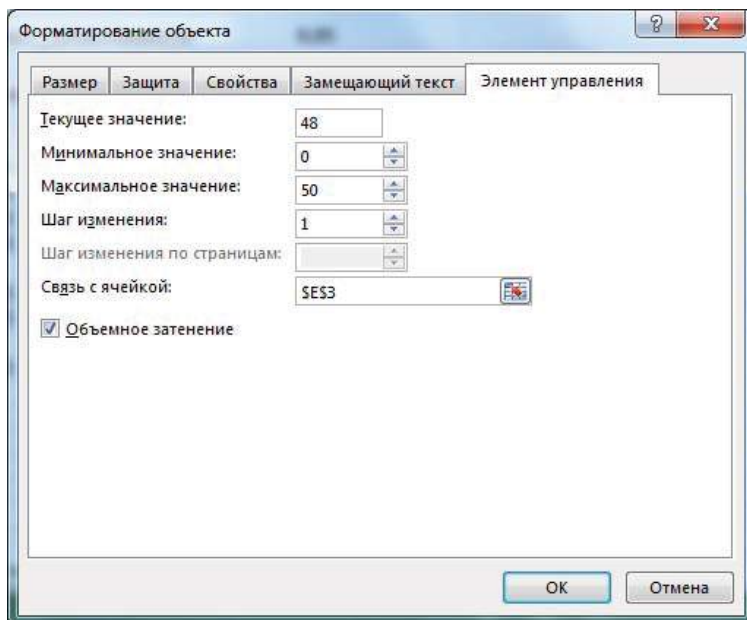


Рис. 26.10. Диалоговое окно **Форматирование объекта** для связывания счетчика в ячейке D3 с ячейкой E3

	A	B	C	D	F
1		ставка налога	0,4		
2		продажи_год1	10000		
3		рост продаж	0,48		
4		цена_год1	\$ 9,00		
5		себестоимость_год1	\$ 6,00		
6		процентная ставка	0,15		
7		рост_себестоимости	0,05		
8		рост_цены	0,03		
9	Год	1	2	3	5
10	количество	10000	14800	21904	47978,5216
11	цена единицы	\$ 9,00	\$ 9,27	\$ 9,55	\$ 10,13
12	себестоимость ед.	\$ 6,00	\$ 6,30	\$ 6,62	\$ 7,29
13	выручка	\$ 90 000,00	\$ 137 196,00	\$ 209 141,58	\$ 486 002,24
14	затраты	\$ 60 000,00	\$ 93 240,00	\$ 144 894,96	\$ 349 909,16
	прибыль до уплаты				
15	налогов	\$ 30 000,00	\$ 43 956,00	\$ 64 246,62	\$ 136 093,08
16	налоги	\$ 12 000,00	\$ 17 582,40	\$ 25 698,65	\$ 54 437,23
17	прибыль после				
18	уплаты налогов	\$ 18 000,00	\$ 26 373,60	\$ 38 547,97	\$ 81 655,85
19	ЧПС	\$133 664,07			

Рис. 26.11. Закрепление областей для просмотра результатов вычислений в других частях листа

Нажатие кнопок счетчика роста продаж при фиксированных значениях других исходных данных показывает, что увеличение роста продаж всего на 1% увеличивает ЧПС примерно на 2000 долларов. Для возвращения листа в прежнее состояние на вкладке **ВИД (VIEW)** раскройте список **Закрепить области (Freeze Panes)** и выберите в нем пункт **Снять закрепление областей (Unfreeze Panes)**.

Элемент управления **полоса прокрутки** очень похож на счетчик. Основное их отличие состоит в том, что при перемещении с помощью курсора серого участка в средней части полосы прокрутки значение в связанной ячейке изменяется непрерывно. Выбрав в контекстном меню строку **Формат объекта (Format Control)** и изменив в диалоговом окне **Формат элемента управления** значение в поле **Шаг изменения по страницам (Page Change)**, можно управлять скоростью изменения значения в связанной ячейке.

### Как создать простой флажок, с помощью которого можно было бы включать и отключать условное форматирование?

Флажок представляет собой форму управления, которая записывает в ячейку значение **ИСТИНА**, когда флажок установлен, и **ЛОЖЬ**, когда флажок снят. Флажки можно применять для создания тумблеров, включающих или отключающих определенные функции. В качестве примера рассмотрим флажок, включающий и отключающий функцию условного форматирования.

Пусть на листе содержатся данные о ежемесячных продажах, и требуется выделить пять самых крупных продаж зеленым цветом, а пять самых мелких продаж красным цветом (см. файл **Checkbox.xlsx**). Введите в ячейку **G4** формулу **=НАИБОЛЬШИЙ(Продажи; 5)**, вычисляющую пятое по величине значение объема продаж. В ячейке **H4** вычислите пятое наименьшее значение объема продаж по формуле **=НАИМЕНЬШИЙ(Продажи; 5)**, как показано на рис. 26.12.

Затем создайте флажок и свяжите его с ячейкой **F1** для записи значений **ИСТИНА** или **ЛОЖЬ**. На вкладке **РАЗРАБОТЧИК (DEVELOPER)** в группе **Элементы управления (Controls)** выберите **Вставить (Insert)** и затем из палитры **Элементы управления формы (Forms Controls)** выберите флажок (см. рис. 26.3). Перетащите флажок в ячейку **G9** и замените в нем текст на **ВКЛ** или **ОТКЛ** **ФОРМАТИРОВАНИЕ**. Щелкните правой кнопкой мыши на флажке, в контекстном меню выберите **Формат объекта (Format Control)** и в диалоговом окне введите данные, как показано на рис. 26.13.

Теперь в ячейке **F1** каждый раз при установке флажка будет появляться значение **ИСТИНА**, а при снятии флажка — значение **ЛОЖЬ**.

Выделите диапазон ячеек **D4:D29**, на вкладке **ГЛАВНАЯ (HOME)** в группе **Стили (Styles)** откройте список **Условное форматирование (Conditional Formatting)** и выберите **Создать правило (New Rule)**. Для выделения зеленым цветом пяти самых крупных продаж и красным цветом пяти самых мелких продаж введите формулы, показанные на рис. 26.14 и 26.15. Обратите внимание, что часть формулы **И(\$F\$1)** гарантирует применение форматирования в случае, если в ячейке **F1** записано значение **ИСТИНА**. Находится ли в ячейке **F1** значение **ИСТИНА** или **ЛОЖЬ**, определяется флажком, так что если флажок не установлен, ячейки не выделяются зеленым или красным цветом.

	D	E	F	G	H	I
1			ИСТИНА			
2						
3	Продажи			5-ый наибольший	5-ый наименьший	
4	1010			1050	584	
5	619					
6	524					
7	1114					
8	619					
9	1097					
10	627			<input checked="" type="checkbox"/> Вкл или откл форматирования		
11	578					
12	947					
13	1020					
14	1046					
15	678					
16	510					
17	674					
18	756					
19	665					
20	609					
21	556					
22	959					

Рис. 26.12. Флажок для включения и отключения функции условного форматирования

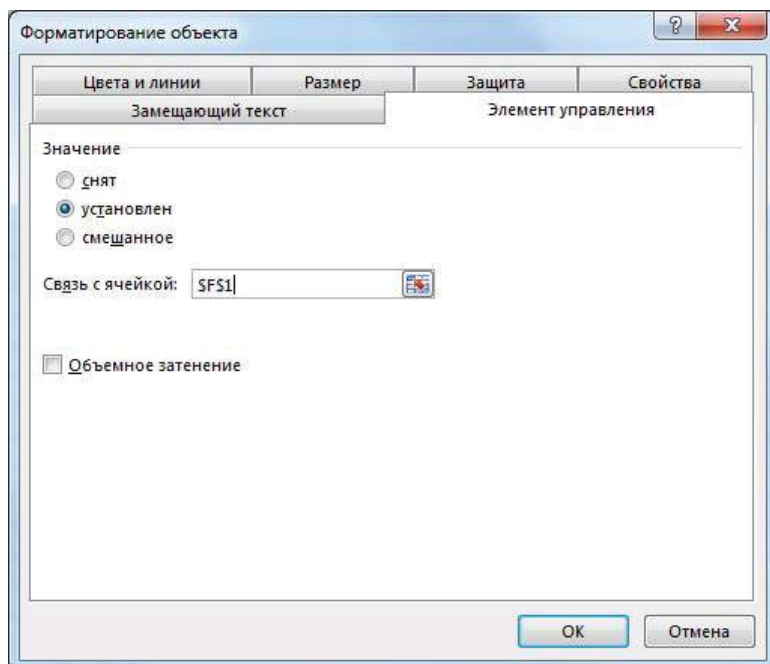


Рис. 26.13. Диалоговое окно Форматирование объекта для флажка

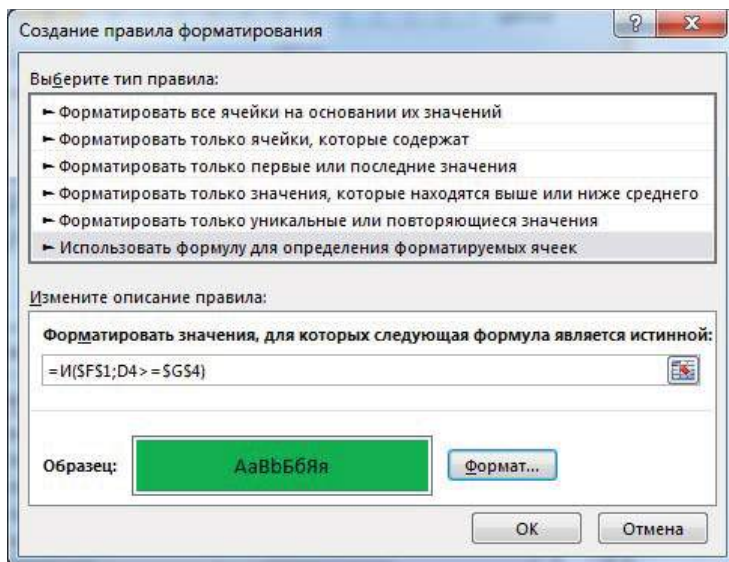


Рис. 26.14. Формат для выделения зеленым цветом пяти наибольших значений

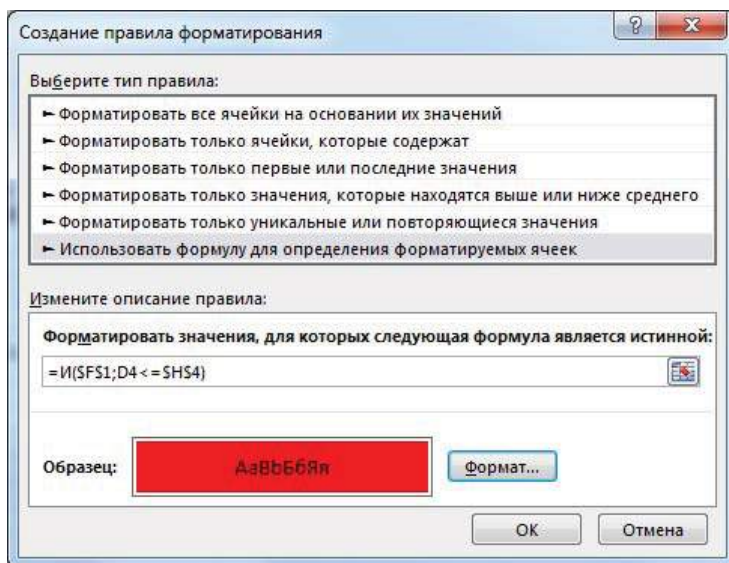


Рис. 26.15. Формат для выделения красным цветом пяти наименьших значений

Если требуется скрыть значения ИСТИНА и ЛОЖЬ, можно выделить ячейку F1 и изменить цвет шрифта на белый.

**Как создать лист, который позволит персоналу сети поставщиков одним нажатием кнопки назначить высокую, низкую или среднюю цену продукта?**

Пусть требуется назначить одну из трех цен продукта: высокую, среднюю или низкую. Эти цены указаны в диапазоне ячеек B7:B9 в файле Optionbuttons.xlsx. Если бы

пользователь ввел значение высокой, средней или низкой цены, ее легко можно было бы отобразить с помощью таблицы поиска. Однако было бы еще лучше, если бы пользователь мог воспользоваться переключателем и просто выбрать уровень цены: высокая, средняя или низкая, а сама цена была бы вычислена по формуле автоматически (рис. 26.16).

	A	B	C	D	E	F
4						3
5			2			
6					Уровень цены	Цена
7	Высокая	\$ 8,00			Низкая	\$ 3,00
8	Средняя	\$ 6,00				
9	Низкая	\$ 3,00				
10						
11						
12						
13						
14	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">           Выбор цены           <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Высокая цена</li> <li><input type="radio"/> Средняя цена</li> <li><input checked="" type="radio"/> Низкая цена</li> </ul> </div>					
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						

Рис. 26.16. Переключатели для выбора цены продукта

Сначала выберите в палитре **Элементы управления формы** (Forms Controls) элемент управления **группа** (см. рис. 26.5) и поместите его на лист. Затем перетащите в этот групповой блок переключатели для каждого варианта выбора. Для трех уровней цен потребуются три переключателя. Щелкните правой кнопкой мыши на любом из переключателей и с помощью команды **Формат объекта** (Format Control) в контекстном меню свяжите его с какой-либо ячейкой, предположим, E4. Все переключатели в группе окажутся связанными с одной и той же ячейкой. В ячейке E4 при выборе первого переключателя устанавливается значение 1, при выборе второго переключателя — значение 2 и при выборе третьего переключателя — значение 3.

В ячейку E7 введите формулу `=ИНДЕКС(A7:A9;E4;1)`, определяющую описание цены в соответствии с положением, в которое установлены переключатели. Цена, соответствующая установленному положению переключателей, вычисляется в ячейке F7 по формуле `=ВПР(E7;A7:B9;2;ЛОЖЬ)`.

**Как предоставить пользователю простой способ ввода дня недели без необходимости вводить с клавиатуры какой-либо текст?**

В файле `ComboBox.xlsx` показано, как создать поле со списком или список (рис. 26.17), в котором пользователь легко может выбрать требуемый элемент из

списка доступных элементов. (Раскрывающиеся списки также можно создать при проверке данных; см. главу 40.) Здесь целью является расчет количества часов, отработанных сотрудником в указанный день. Отработанные часы для каждого из дней хранятся в ячейках G9:G15. Для выбора записи из списка можно создать элемент управления **поле со списком** или **список**. Если поле со списком или список связаны с какой-либо ячейкой через **Формат объекта** (Format Control), то при выборе первой записи в списке в эту ячейку записывается значение 1; при выборе второй записи в списке в ячейку записывается значение 2 и т. д. Для достижения поставленной в задаче цели на вкладке **РАЗРАБОТЧИК** (DEVELOPER) в группе **Элементы управления** (Controls) выберите **Вставить** (Insert) и затем из палитры **Элементы управления формы** (Forms Controls) выберите и перетащите поле со списком в ячейку C5 и список в ячейку D16. Щелкните правой кнопкой мыши на поле со списком и выберите команду **Формат объекта** (Format Control). Выделите диапазон исходных данных F9:F15 (содержащий дни недели) и свяжите его с ячейкой A8. Затем щелкните правой кнопкой мыши на списке и выберите **Формат объекта** (Format Control). Выделите диапазон исходных данных F9:F15 и свяжите его с ячейкой A13. После этих шагов при выборе, например, вторника в поле со списком и понедельника из списка, в ячейке A8 появится значение 2, а в ячейке A13 — значение 1.

В ячейке F3 по формуле =ИНДЕКС(F9:F15;A8;1) вычисляется день недели, соответствующий выбору в поле со списком. В ячейке G3 по формуле =ВПР(F3;\$F\$9:\$G\$15;2;ЛОЖЬ) определяется количество часов, отработанных в день, указанный в поле со списком. Аналогично, формулы в ячейках F4 и G4 определяют день недели и отработанные часы в соответствии с выбором в списке.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2						день		
3			Поле со списком	поле со списком		Вторник		7
4				список		Понедельник		6
5			Вторник	▼				
6								
7								
8		2					отработанные часы	
9						Понедельник		6
10						Вторник		7
11						Среда		8
12						Четверг		9
13		1				Пятница		5
14						Суббота		4
15						Воскресенье		5
16				Список				
17				Понедельник				
18				Вторник				
19				Среда				
20				Четверг				

Рис. 26.17. Поле со списком и список для выбора дня недели

## Задания

1. Добавьте в решение примера с ЧПС автомобиля счетчик, позволяющий варьировать ставку налога между 30 и 50%.
2. Добавьте в решение примера с ЧПС автомобиля счетчик, позволяющий варьировать процентную ставку между 5 и 20%.

В диалоговом окне **Формат элемента управления** (Format Control) допускается минимальное значение 0. Несмотря на это ограничение, можно ли найти способ изменять с помощью счетчика рост продаж в интервале между –10 и 20%?

3. Для примера с лимонадом из главы 16 создайте счетчики, позволяющие изменять исходные данные в пределах, указанных в табл. 26.2.

Таблица 26.2

Исходные данные	Нижнее значение	Верхнее значение
Цена, долл.	2,00	5,00
Себестоимость единицы продукции, долл.	0,20	1,00
Постоянные затраты, долл.	20 000,00	100 000,00

4. Для примера с ипотекой из главы 17 создайте счетчики, позволяющие изменять исходные данные в пределах, указанных в табл. 26.3.

Таблица 26.3

Исходные данные	Нижнее значение	Верхнее значение
Сумма кредита, долл.	270 000	800 000
Количество месяцев	120	360
Годовая процентная ставка, %	4	10

5. Для примера с выходными днями в главе 23 создайте флажок, позволяющий включать и отключать условное форматирование.
6. В финансовых формулах, описанных в главе 9, последнему аргументу присваивалось значение 1 для денежных потоков в конце месяца и 0 для денежных потоков в начале месяца. В Excel значение ИСТИНА эквивалентно 1, а значение ЛОЖЬ эквивалентно 0. Создайте лист, на котором пользователь для расчета ежемесячного платежа может ввести количество месяцев кредита, основную сумму кредита и годовую процентную ставку. Затем создайте флажок для выбора платежей в начале или конце месяца.

7. На основе данных к заданию 15 в *главе 21* создайте счетчик для построения графика продаж за последние несколько месяцев (от 3 до 8 месяцев). Решение к этому заданию находится в файле `s26_8.xlsx`.
8. В файле `Suppliers.xlsx` находятся данные о ценах за единицу продукции для различных поставщиков и количестве закупленной продукции. Создайте список, с помощью которого можно выбрать поставщика и получить цену за единицу продукции и количество закупленной продукции для этого поставщика. Решение к этому заданию находится в файле `s26_09.xlsx`.





# Революция в аналитике

### Обсуждаемые вопросы

- ◆ Что такое аналитика?
- ◆ Что такое прогнозная аналитика?
- ◆ Что такое предписывающая аналитика?
- ◆ Почему значение аналитики возрастает?
- ◆ Насколько важна аналитика для вашей организации?
- ◆ Что необходимо знать для проведения анализа?
- ◆ Какие трудности могут возникнуть при осуществлении анализа?
- ◆ Какие тенденции будут влиять на развитие аналитики?

### Ответы на вопросы в начале главы

---

В этом разделе приведены ответы на вопросы, перечисленные в начале главы.

#### Что такое аналитика?

Аналитика представляет собой практику применения данных для принятия решения, оптимально отвечающего целям организации. Типичными целями являются максимальное увеличение прибыли, минимизация затрат, снижение финансовых рисков, повышение качества медицинского обслуживания и качества образования, снижение уровня преступности и другие задачи. Безусловно, применение данных для принятия решения — не новое явление. Например, греческий философ Фалес использовал опционы (см. главу 77) для увеличения прибыли и снижения риска путем сдачи в аренду оливковых прессов. Термин "аналитика" стал популярен после публикации в 2007 г. книги Томаса Дэвенпорта "Аналитика как конкурентное преимущество" (Thomas Davenport. *Competing on Analytics* Boston. — Harvard Business School Press, 2007).

#### Что такое прогнозная аналитика?

Прогнозная аналитика — это просто использование данных для составления точно-го прогноза по количественным величинам, представляющим интерес.

Вот некоторые примеры.

- ◆ Предсказание результатов президентских выборов (см. главу 58).
- ◆ Прогнозирование результатов игр Национальной футбольной лиги США (см. главу 34).
- ◆ Определение влияния размещения продукта в магазине на продажи этого продукта (см. главу 60).
- ◆ Определение влияния курса лечения на выживаемость у больных раком.
- ◆ Определение влияния комплекса маркетинга (рекламы, снижения цен, экспонирования товара) на ежедневные продажи скотча 3M Scotch. Здесь трудность возникает потому, что на продажах сказывается сезонность, и модель прогнозирования должна учитывать это влияние.
- ◆ Каковы шансы каждой команды выиграть турнир Национальной студенческой спортивной ассоциации? (См. главу 76.)
- ◆ Ряд тем прогнозной аналитики рассмотрен в главах 34, 53—64 и 76.

### **Что такое предписывающая аналитика?**

Предписывающая аналитика предполагает использование математических моделей, как правило, управляемых данными, для принятия решений, доводящих до максимума или до минимума соответствующую количественную цель. Далее приведено несколько примеров таких целей.

- ◆ Какая цена продукта максимально увеличивает прибыль? (См. главы 83—86.)
- ◆ Какой товарный ассортимент максимально увеличивает ежемесячную прибыль компании Eli Lilly? (См. главу 29.)
- ◆ Как спланировать трудовую деятельность сотрудников для минимизации эксплуатационных расходов? (См. главу 30.)
- ◆ Как компания может минимизировать затраты на отгрузку продукции с заводов клиентам? (См. главу 31.)
- ◆ Как организация может выбрать проекты, максимально обеспечивающие достижение корпоративных целей при условии ограниченных ресурсов? Например, как с учетом ограниченного капитала и количества программистов Microsoft может максимально увеличить прибыльность новых продуктов? Как местный школьный совет может использовать свои ограниченные средства для максимального повышения оценок выпускников средней школы? Эти вопросы обсуждаются в главе 32.
- ◆ Сколько денег необходимо откладывать на счет каждый год для получения суммы, достаточной для выхода на пенсию? (См. главу 33.)
- ◆ Как букмекеры могут установить точки безубыточности, гарантирующие получение прибыли? (См. главу 34.)
- ◆ Где должны быть расположены склады для минимизации перевозок товаров? (См. главу 35.)

- ◆ Как распределить работу между работниками, учитывая удовлетворенность работой и начальников, и сотрудников? (См. главу 36.)
- ◆ В какой последовательности сотрудник почтовой службы должен доставлять пакеты для минимизации времени доставки всех пакетов? (См. главу 37.)
- ◆ Какое количество почтовых открыток, напечатанных ко Дню святого Валентина, позволит компании Hallmark максимально увеличить ожидаемую прибыль? (См. главу 73.)
- ◆ Какую цену в заявке на проект строительства должна указать компания для получения максимальной ожидаемой прибыли? (См. главу 74.)
- ◆ Какое распределение активов минимизирует риск, необходимый для получения желаемого ожидаемого дохода? (См. главу 75.)

### **Почему значение аналитики возрастает?**

В последнее время аналитика становится все более важной по нескольким причинам. Во-первых, в свободном доступе появилось гораздо больше интересных данных. Например, стартап-компания Factual пытается собрать все представляющие интерес данные; она владеет базой данных, содержащей местоположения всех заправок США и информацию о питательной ценности всех товаров, продаваемых в сети розничных продуктовых магазинов. Новые источники важных данных возникают с все возрастающей быстротой. Например, начиная с сезона 2013—2014 гг. все арены НБА будут оборудованы камерами, отслеживающими местоположение каждого игрока и мяча в каждую секунду игры.

В дополнение к доступности все большего количества данных компьютеры и программы все время становятся более быстродействующими, что облегчает обработку больших массивов данных. Например, надстройка PowerPivot (см. главу 45) упрощает создание отчетов по бизнес-аналитике на основе сотен миллионов строк данных. Такое программное обеспечение, как SAS и HADOOP, созданное не на основе Microsoft Excel, позволяет относительно легко обрабатывать и анализировать огромные массивы данных.

### **Насколько важна аналитика для вашей организации?**

Значимость аналитики для организации зависит от преимуществ, получаемых от аналитического подхода в противовес затратам на его реализацию. Например, перевешивает ли выгода от оценивания преподавателей аналитическими методами затраты на оценку?

Свет на важность аналитики может пролить применение аналитики в профессиональном спорте. В бейсболе (как говорят, в "Moneyball") для оценки бейсболистов можно получить весьма доступные данные. Эти данные поддаются анализу достаточно легко, так что почти в каждой из крупных команд имеется аналитический отдел. В прошлом такие отделы были только у нескольких команд НБА. В 2013 г. на конференции по спортивной аналитике 2013 Sloan Conference on Sports Analytics не была представлена только одна команда (Lakers, и мы знаем, как идут у нее дела — неважно). Однако в командах Национальной футбольной лиги аналити-

ческих отделов пока немного, возможно, потому, что многие важные проблемы в футбольной аналитике не поддаются решению. Например, в бейсболе и баскетболе нетрудно установить справедливую ценность игрока. В футболе сделать это гораздо сложнее. Как можно оценить блокировку великолепного паса при нехватке доступных статистических данных, по которым можно оценить действия неадекватных судей на линии?

### **Что необходимо знать для проведения анализа?**

Во многих университетах разрабатываются программы для студентов и аспирантов, а также онлайн-программы по сертификации аналитиков. По аналогии с экзаменом на получение сертификата дипломированного бухгалтера-ревизора (Certified Public Accountant, CPA) институт INFORMS (Institute for Operations Research and Management Science) предложил в 2013 г. ввести экзамен для сертификации специалистов по аналитике. Как минимум, специалист по аналитике должен обладать знаниями в следующих областях.

- ◆ Уметь обрабатывать данные в любой форме. Сюда входит обработка неколичественных данных, таких как твиты в Твиттере.
- ◆ Знать, как собрать вместе разрозненные наборы данных для аналитического исследования. Например, ресторану быстрого питания требуется уменьшить текучесть кадров. Для этого потребуются сведения о каждом сотруднике (образование, возраст, результаты тестов и другие статистические данные), а также история профессиональной деятельности. Тогда можно разработать модель, предсказывающую текучесть кадров на основе того, что было известно при приеме сотрудника на работу. К сожалению, во многих фирмах сведения о нанятых сотрудниках и сведения о работе сотрудников находятся в отдельных базах данных, не пересекающихся друг с другом.
- ◆ Владеть анализом и обработкой данных в Excel на уровне квалифицированного пользователя.
- ◆ Уметь анализировать большие наборы данных с помощью статистических пакетов, таких как R, SPSS или SAS.
- ◆ Знать статистику, в том числе все формы прогнозного анализа и алгоритмы классификации. Например, каким образом классифицировать пациента как вероятного кандидата на возникновение сердечного приступа?
- ◆ Уметь моделировать неопределенные ситуации, такие как будущая стоимость пенсионного портфеля по плану 401k или очередь в приемном покое больницы.
- ◆ Использовать оптимизацию для поиска наилучшего способа сделать что-либо. Например, какое распределение площадей под различные товары максимально увеличивает прибыль универсального магазина?

### **Какие трудности могут возникнуть при осуществлении анализа?**

При осуществлении анализа могут возникнуть некоторые проблемы.

- ◆ При выборе метрики для оценки успеха часто возникают разногласия. Например, пока не появился гуру статистического подхода к бейсболу Билл Джеймс

(Bill James) со своими метриками (sabermetrics), все думали, что полевых игроков необходимо оценивать на основе перемещения по полю, т. е. по доле отскокивших возле полевого игрока мячей, которые были успешно сыграны. Очевидно, что такая метрика не учитывает тот факт, что медленный шорт-стоп (игрок между второй и третьей базой) позволяет множеству мячей уйти в дальнюю часть поля и превратиться в хит. Билл Джеймс ввел ранжирующий фактор, который гораздо лучше подходит для оценки перемещения игрока по полю. Для шорт-стопа, например, ранжирующий фактор равен количеству выводов в аут и передач из расчета на иннинг для этого игрока, разделенному на среднее количество выводов в аут и передач из расчета на иннинг для всех шорт-стопов. Ранжирующий фактор, превышающий 1, показывает, что игрок добирается до тех мячей, которые средний шорт-стоп упускает. Оззи Смит (Ozzie Smith) по всеобщему признанию является одним из величайших шорт-стопов всех времен. Его коэффициент перемещения по полю за карьеру, 0,966, не особо впечатляет, но в лучшие годы ранжирующий фактор был у него просто великолепным. Кроме того, Оззи играл на искусственном покрытии, что делает этот показатель еще более поразительным. Мораль: не стесняйтесь ставить под сомнение метрики, которые на ваш взгляд не отражают реальной производительности организации.

- ◆ Как упоминалось ранее, часто источники данных, требуемые для аналитического проекта, не связаны друг с другом. Например, компании-разработчику программного обеспечения требовался прогноз будущих доходов. Известно, что будущие доходы зависели от пробных версий, отправленных потенциальным клиентам, и звонков потенциальным клиентам о личных продажах. К сожалению, данные о продажах и данные о клиентах находились в разных, никак не связанных базах данных, поэтому проект пострадал от длительной, совершенно излишней задержки.
- ◆ При проведении прогнозного анализа аналитики часто не знают, какие данные необходимы для принятия правильного решения. Я предлагаю работать в обратном направлении. После определения того, что требуется спрогнозировать, подумайте о переменных, которые помогут предсказать интересующую переменную. Далее приведено несколько примеров ситуаций, в которых для завершения аналитического проекта потребовалось создать новый набор данных.
  - Известный в спортивной аналитике Джефф Сагарин (Jeff Sagarin) и автор этой книги решили разработать для игроков НБА метод оценки способностей к игре в обороне. Поскольку подсчет очков в НБА включает немного статистики по обороне (перехваты и блоки), потребовался новый набор данных. Мы рассудили, что хороший защитник поможет своей команде потерять меньше очков, когда находится в игре, а его отсутствие на площадке обернется для команды потерей большего количества очков. Мы создали набор данных, содержащий минуты, проведенные игроками на площадке, и количество проигранных за это время очков. На основе подобных данных мы могли бы определить вклад в защиту таких великих защитников, как Рон Артест (Ron Artest), Кевин Гарнетт (Kevin Garnett) и Марк Газоль (Marc Gasol).

- Компания United Health решила уменьшить расходы своих сотрудников на медицинское обслуживание. Компания определила, что ей необходимо знать, лечили ли сотрудников от нарушений здоровья, которые могут вызвать большие расходы на медицинское обслуживание в будущем. Большие расходы на медицинское обслуживание в будущем (и ужасные проблемы) вызывает, например, диабет. Компания выделила своим сотрудникам по 450 долларов для обследования на диабет и другие подобные нарушения здоровья. Удивительно, но 30% сотрудников являлись диабетиками или были предрасположены к диабету, но не знали об этом. Лечение таких пациентов позволило компании United Health избежать повышения расходов на медицинское обслуживание и улучшить качество жизни своих сотрудников в будущем.

### **Какие тенденции будут влиять на развитие аналитики?**

Более быстрые компьютеры и более подходящие алгоритмы анализа данных и выполнения оптимизации практически гарантируют, что в будущем значение аналитики еще больше возрастет. Начинаящий аналитик сможет обнаружить закономерности в сложных данных благодаря усовершенствованию визуализации данных. В *главе 46* рассматриваются возможности новой надстройки Power View для создания красивых, наполненных глубоким анализом визуализаций в Microsoft Excel 2013. В *главе 52* описывается множество интересных приемов составления диаграмм, позволяющих создавать диаграммы, приводящие к более глубокому пониманию данных.

Вероятно, наиболее важной тенденцией в аналитике ближайшего будущего станет доступность множества аналитических приложений в любом месте в любое время на мобильных устройствах. Например, в 2011 г. в Сан-Рамоне, Калифорния, разработано приложение для смартфона, в котором зарегистрированы люди, знакомые с сердечно-легочной реанимацией и способные при необходимости оказать помощь тем, кто в ней нуждается. Если при поступлении вызова 911 скорая помощь не может приехать вовремя, всем зарегистрированным лицам отправляется текстовое сообщение с местоположением пострадавшего человека. Таким образом, больной человек получает помощь гораздо быстрее.

Еще одной тенденцией в области аналитики станет увеличение количества прогнозов в реальном времени, приводящих к действиям в реальном времени. Например, если прогноз покажет, что в целевом магазине пепси-кола закончится к 11 утра, то на основе аналитического приложения с данными о местоположении всех грузовиков компании Pepsi водителю соответствующего грузовика будет отправлено сообщение о необходимости пополнить запасы пепси-колы в этом магазине к 11 утра.

# Введение в оптимизацию с надстройкой *Поиск решения*

Во многих ситуациях требуется найти оптимальный способ выполнения каких-либо действий. Формально, необходимо найти на листе значения в определенных ячейках, оптимизирующие (увеличивающие до максимума или сводящие к минимуму) определенную цель. В Microsoft Excel приведенные далее оптимизационные задачи решаются с помощью надстройки **Поиск решения** (Solver).

- ◆ Как крупная фармацевтическая компания может определить ежемесячный ассортимент продукции, максимально увеличивающий прибыльность завода в Индианаполисе?
- ◆ Если компания Microsoft производит приставки Xbox в трех месторасположениях, каким образом можно свести к минимуму расходы на реализацию этих приставок?
- ◆ Какая цена на приставки Xbox и игры обеспечит компании Microsoft максимальную прибыль от продаж Xbox?
- ◆ Компания Microsoft намеревается предпринять 20 стратегических инициатив, с которыми в течение следующих пяти лет будут связаны денежные средства и квалифицированные программисты. Имеющихся ресурсов для всех 20 проектов недостаточно. Какие инициативы ей следует предпочесть?
- ◆ Как букмекеры определяют оптимальный набор рейтингов при поиске правильной точки безубыточности для команд Национальной футбольной лиги?
- ◆ Как распределить пенсионный портфель между акциями высокотехнологических компаний, "стоящими" акциями, облигациями, наличными деньгами и золотом?

Оптимизационная модель состоит из трех частей: целевая ячейка, изменяемые ячейки и ограничения. *Целевая ячейка* представляет собой цель или заданную величину. Как правило, величину в целевой ячейке необходимо свести к минимуму или увеличить до максимума. В ранее приведенном вопросе об ассортименте продукции фармацевтической компании предполагается, что директору предприятия необходимо каждый месяц максимально повышать прибыльность своего предприятия. Ячейка, в которой вычисляется прибыльность, и будет целевой ячейкой. Целевые ячейки для каждой из ситуаций, описанных в начале главы, указаны в табл. 28.1.

Однако имейте в виду, что в некоторых ситуациях возможно наличие нескольких целевых ячеек. Например, у компании Microsoft может быть и вторичная цель — максимально увеличить долю рынка приставок Xbox.



Таблица 28.1. Список целевых ячеек

Модель	Максимум или минимум	Целевая ячейка
Ассортимент продукции фармацевтической компании	Максимум	Ежемесячная прибыль
Поставка приставок Xbox	Минимум	Расходы на реализацию
Цены на приставки Xbox	Максимум	Прибыль от приставок Xbox и игр
Инициативные проекты Microsoft	Максимум	Чистая приведенная стоимость, внесенная выбранными проектами
Рейтинги Национальной футбольной лиги	Минимум	Разница между очками по рейтингу и фактически набранными очками в игре
Пенсионный портфель	Минимум	Фактор риска для портфеля

*Изменяемые ячейки* — это ячейки на листе, значения в которых можно изменить или подогнать для оптимизации значения в целевой ячейке. В примере с фармацевтической компанией директор предприятия может регулировать количество каждого продукта, производимого за месяц. В этой модели изменяемыми ячейками являются ячейки, в которых записываются эти количества. Для моделей, описанных в начале главы, соответствующие изменяемые ячейки определены в табл. 28.2, а соответствующие ограничения указаны в табл. 28.3.

Таблица 28.2. Список изменяемых ячеек

Модель	Изменяемые ячейки
Ассортимент продукции фармацевтической компании	Количество каждого продукта, произведенного за месяц
Поставка приставок Xbox	Количества, произведенные на каждом заводе за каждый месяц, поставляемые каждому клиенту
Цены на приставки Xbox	Цена на приставки и игры
Инициативные проекты Microsoft	Выбираемые проекты
Рейтинги Национальной футбольной лиги	Рейтинги команд
Пенсионный портфель	Доли денег, вложенные в каждый класс активов

Таблица 28.3. Список ограничений

Модель	Ограничения
Ассортимент продукции фармацевтической компании	Для ассортимента должны использоваться только доступные ресурсы. Производить столько продукта, сколько можно продать

Таблица 28.3 (окончание)

Модель	Ограничения
Поставки приставок Xbox	Количество отгружаемых единиц за каждый месяц не должно превышать мощность завода. Убедитесь, что каждый клиент получает требуемое количество приставок Xbox
Цены на приставки Xbox	Цены не могут намного отличаться от цен конкурентов
Инициативные проекты Microsoft	Для выбранных проектов можно использовать только доступное количество денег и опытных программистов
Рейтинги Национальной футбольной лиги	Нет
Пенсионный портфель	Инвестируйте деньги куда-либо (например, в наличные деньги). Ожидаемый доход должен быть не менее 10% от инвестиций

Удобнее всего изучать надстройку **Поиск решения** (Solver) на подробных примерах. В последующих главах описаны способы применения надстройки **Поиск решения** (Solver) ко всем описанным в данной главе ситуациям, а также к ряду других важных бизнес-задач.

Для активации надстройки **Поиск решения** (Solver) на вкладке **ФАЙЛ** (FILE) выберите команду **Параметры** (Options), затем среди параметров Excel выберите раздел **Надстройки** (Add-Ins). В нижней части диалогового окна в раскрывающемся списке **Управление** (Manage) выберите **Надстройки Excel** (Excel Add-Ins) и нажмите кнопку **Перейти** (Go). В диалоговом окне **Надстройки** (Add-Ins) установите флажок **Поиск решения** (Solver Add-In) и нажмите кнопку **ОК**. После активации надстройку **Поиск решения** (Solver) можно выбрать и запустить на вкладке **ДААННЫЕ** (DATA) в группе **Анализ** (Analysis). На рис. 28.1 показано диалоговое окно **Параметры поиска решения** (Solver Parameters). В следующих нескольких главах в этом диалоговом окне рассмотрена настройка целевых ячеек, изменяемых ячеек и ограничений для описанных выше моделей.

Надстройка **Поиск решения** (Solver) подверглась значительной переделке и усовершенствованию по сравнению с надстройкой в Microsoft Excel 2010. К основным изменениям относится наличие раскрывающегося списка **Выберите метод решения** (Select A Solving Method). В этом списке для решения оптимизационной задачи необходимо выбрать соответствующий метод решения.

- ◆ Линейные оптимизационные задачи решаются симплекс-методом. Как показано в главах 29—32, линейная оптимизационная задача — это задача, в которой целевая ячейка и ограничения создаются путем добавления условий в форме (изменяемая\_ячейка) × (константа).
- ◆ Нелинейный метод обобщенного понижающего градиента (ОПГ) предназначен для решения оптимизационных задач, в которых значения в целевой ячейке или значения для некоторых ограничений не являются линейными и вычисляются

с использованием общих математических операций, таких как умножение, деление или возведение в степень значений в изменяемых ячейках, либо с применением экспоненциальных или тригонометрических функций и т. п. Метод ОПГ включает мощный параметр **Несколько начальных точек** (Multistart), позволяющий решить множество задач, которые в предыдущих версиях Excel решались неправильно. Нелинейный метод ОПГ подробно рассмотрен в главах 33—35.

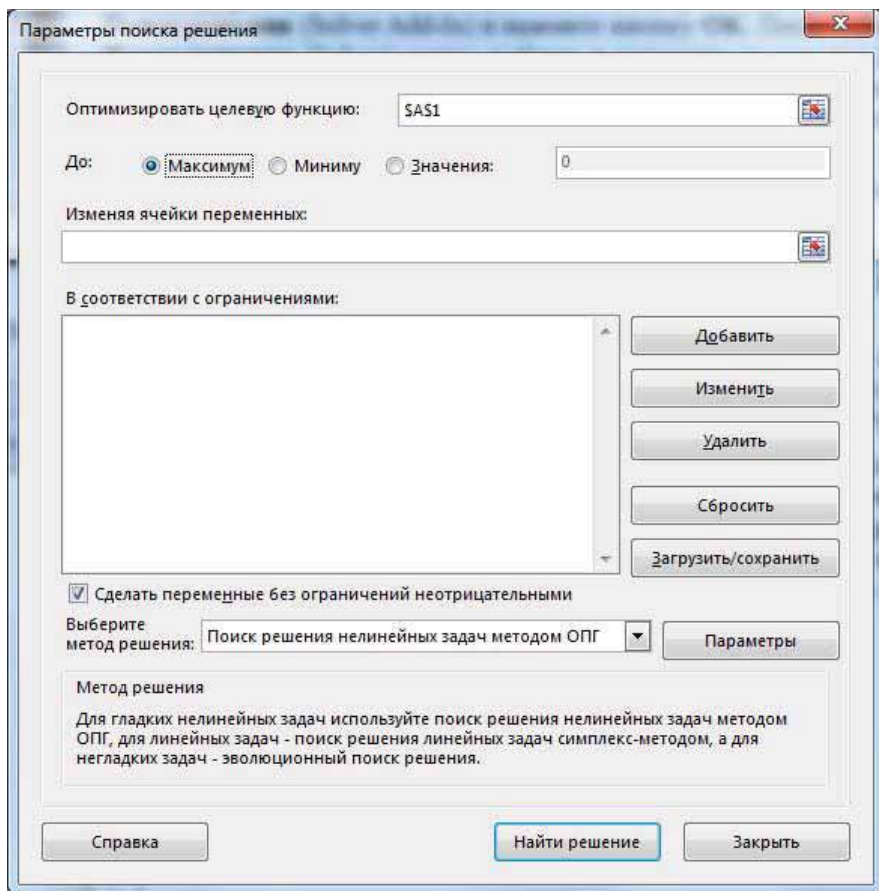


Рис. 28.1. Диалоговое окно Параметры поиска решения

- ◆ Эволюционный поиск решения используется в случае, когда целевая ячейка или ограничения содержат негладкие функции со ссылками на изменяемые ячейки. Негладкая функция — это функция с резко меняющимся градиентом (тангенсом угла наклона касательной, проведенной в исследуемой точке). Например, при  $x = 0$  градиент функции  $|x|$  резко меняется с  $-1$  на  $+1$ . Если целевая ячейка или ограничения содержат функции ЕСЛИ (IF), СУММЕСЛИ (SUMIF), СЧЁТЕСЛИ (COUNTIF), СУММЕСЛИМН (SUMIFS), СЧЁТЕСЛИМН (COUNTIFS), СРЗНАЧЕСЛИ (AVERAGEIF), СРЗНАЧЕСЛИМН (AVERAGEIFS), ABS, МАКС (MAX) или МИН (MIN) со ссылками на изменяемые ячейки, то это негладкие функции, и, вероятно, для решения такой оптимизационной задачи

более всего подойдет эволюционный поиск. Эволюционный поиск решения рассматривается в главах 36 и 37.

Что происходит в надстройке **Поиск решения** (Solver) после того, как заданы целевая ячейка, изменяемые ячейки и ограничения? Для ответа на этот вопрос необходимо освоить некоторую терминологию. Любой перечень изменяемых ячеек, удовлетворяющих ограничениям модели, является *допустимым решением*. Например, допустимым решением является любой ассортимент продуктов, удовлетворяющий следующим трем условиям:

- ◆ для его производства не требуется больше сырья и рабочей силы, чем доступно;
- ◆ каждого продукта не производится больше, чем требуется;
- ◆ для любого продукта не производится отрицательное количество продукта.

По существу, в надстройке **Поиск решения** (Solver) выполняется поиск всех допустимых решений и отбирается решение с оптимальным значением в целевой ячейке (с наибольшим значением для оптимизации по максимуму и с наименьшим значением для оптимизации по минимуму). Такое решение называется *оптимальным решением*. Как будет показано в главе 29, некоторые модели поиска не имеют оптимального решения, а некоторые модели имеют единственное решение. Остальные модели поиска решения имеют несколько (фактически бесконечное число) оптимальных решений. В следующей главе изучение методов поиска решения начнется с рассмотрения примера с ассортиментом продукции фармацевтической компании.

## Задания

---

Для каждой описанной ситуации определите целевую ячейку, изменяемые ячейки и ограничения.

1. Я взял ипотечный кредит на 15 лет. Годовая процентная ставка составляет 8%. Как определить ежемесячные выплаты по ипотеке?
2. Как автоконцерн должен распределить свой бюджет на рекламу между различными рекламными форматами?
3. Как соблюсти рациональный баланс при перевозке учащихся в более отдаленные школы?
4. Где должна быть расположена единственная в городе больница?
5. Как фармацевтическая компания должна распределить усилия своего торгового персонала между товарами?
6. Фармацевтическая компания выделили 2 млрд долларов на покупку биотехнологических компаний. Какие именно компании следует купить?
7. Ставка налога, взимаемого с фармацевтической компании, зависит от страны, в которой производится продукт. Как фармацевтическая компания может определить, где следует производить каждый продукт?



# Поиск решения при определении оптимального ассортимента продукции

### Обсуждаемые вопросы

- ◆ Как можно определить ежемесячный ассортимент продукции, максимально увеличивающий прибыльность предприятия?
- ◆ Всегда ли модель поиска решения имеет решение?
- ◆ Что означает выдаваемый моделью поиска решения ответ "Значения ячейки целевой функции не сходятся"?

### Ответы на вопросы в начале главы

---

В этом разделе приведены ответы на вопросы, перечисленные в начале главы.

#### Как можно определить ежемесячный ассортимент продукции, максимально увеличивающий прибыльность предприятия?

Компаниям часто приходится определять количество ежемесячно производимых продуктов. В своей простейшей форме задача определения ассортимента продукции сводится к определению количества каждого продукта, производимого за месяц для максимального увеличения прибыли. Как правило, ассортимент продукции должен соответствовать конкретным ограничениям.

- ◆ Для производства ассортимента продукции могут использоваться только доступные ресурсы.
- ◆ Поскольку спрос на каждый продукт ограничен, не следует производить продуктов за месяц больше, чем диктует спрос. Избыточное производство — это напрасный расход ресурсов (например, производство скоропортящихся лекарств).

Теперь приступим к решению задачи выбора ассортимента продукции. Допустимое решение этой задачи см. в файле *Prodmix.xlsx* на листе *Feasible Solution* (рис. 29.1). Пробные значения количеств каждого препарата введены в строке 2.

Фармацевтическая компания производит на своем заводе шесть препаратов. Для производства каждого препарата требуются рабочая сила и сырье. На рис. 29.1 для производства фунта каждого продукта в строке 4 указано требуемое количество рабочего времени в часах, а в строке 5 — необходимое количество фунтов сырья.

Например, для производства фунта первого препарата требуется 6 часов рабочего времени и 3,2 фунта сырья. Цена за фунт для каждого препарата указана в строке 6, себестоимость производства фунта препарата — в строке 7, а отчисление прибыли с каждого фунта — в строке 9. Например, второй препарат продается по цене 11 долларов за фунт, себестоимость производства фунта второго препарата равна 5,70 долларов, и прибыль с каждого фунта составляет 5,30 долларов. Ежемесячная потребность в каждом препарате указана в строке 8. Например, потребность в третьем препарате составляет 1,041 фунта. В текущем месяце в распоряжении компании имеется 4500 часов рабочего времени и 1600 фунтов сырья. Каким образом компания может получить максимальную прибыль?

	B	C	D	E	F	G	H	I
1								
2		Фунты	150	160	170	180	190	200
3	Доступно	Продукт	1	2	3	4	5	6
4	4500	Рабочее время	6	5	4	3	2,5	1,5
5	1600	Сырье	3,2	2,6	1,5	0,8	0,7	0,3
6		Цена за единицу	\$ 12,50	\$ 11,00	\$ 9,00	\$ 7,00	\$ 6,00	\$ 3,00
7		Переменные затраты	\$ 6,50	\$ 5,70	\$ 3,60	\$ 2,80	\$ 2,20	\$ 1,20
8		Потребность	960	928	1041	977	1084	1055
9		Прибыль на единицу продукции	\$ 6,00	\$ 5,30	\$ 5,40	\$ 4,20	\$ 3,80	\$ 1,80
10								
11								
12		Прибыль	\$ 4 504,00					
13					Available			
14		Использованный труд	3695	<=	4500			
15		Использованное сырье	1488	<=	1600			

Рис. 29.1. Допустимое решение для задачи выбора ассортимента продукции

Не имея навыков работы с инструментом **Поиск решения** (Solver), можно было бы создать лист для отслеживания прибыли и использования ресурсов, связанных с ассортиментом продукции. Затем для оптимизации получаемой прибыли можно было бы методом проб и ошибок менять ассортимент продукции в рамках доступного рабочего времени, объемов сырья и спроса на любой производимый препарат. В этом процессе на стадии проб и ошибок можно использовать **Поиск решения** (Solver). По существу **Поиск решения** (Solver) представляет собой метод оптимизации, безусловно выполняющий поиск методом проб и ошибок.

Ключом к решению задачи с выбором ассортимента продукции является эффективный расчет используемых ресурсов и прибыли, связанных с любым заданным ассортиментом продукции. Важным инструментом в этом расчете является функция **СУММПРОИЗВ** (SUMPRODUCT). Эта функция перемножает соответствующие значения в диапазонах ячеек и возвращает сумму этих значений. Все диапазоны ячеек в аргументах функции **СУММПРОИЗВ** должны иметь одинаковую размерность, т. е. функцию **СУММПРОИЗВ** можно использовать для двух строк или двух столбцов, но не для столбца и строки.

Примером использования функции **СУММПРОИЗВ** в задаче выбора ассортимента продукции служит расчет применения ресурсов. Используемое рабочее время вычисляется по формуле:

$$\begin{aligned} & (\text{рабочее\_время\_для\_фунта\_препарата } 1) \times (\text{количество\_фунтов\_препарата } 1) + \\ & + (\text{рабочее\_время\_для\_фунта\_препарата } 2) \times (\text{количество\_фунтов\_препарата } 2) + \dots \\ & + (\text{рабочее\_время\_для\_фунта\_препарата } 6) \times (\text{количество\_фунтов\_препарата } 6). \end{aligned}$$

Таким образом, рабочее время рассчитывается как  $=D2*D4+E2*E4+F2*F4+G2*G4+H2*H4+I2*I4$ . Аналогично, объем сырья вычисляется как  $=D2*D5+E2*E5+F2*F5+G2*G5+H2*H5+I2*I5$ . Однако ввод таких формул даже для шести продуктов занимает много времени. Только представьте, сколько времени это займет в компании, производящей на своем заводе, например, 50 продуктов. Гораздо проще вычислить рабочее время и объемы сырья путем копирования формулы  $=\text{СУММПРОИЗВ}(\$D\$2:\$I\$2, D4:I4)$  из ячейки D14 в ячейку D15. Эта формула так же вычисляет выражение  $D2*D4+E2*E4+F2*F4+G2*G4+H2*H4+I2*I4$  (используемое количество рабочего времени), как и предыдущая, но ее проще ввести. Укажите знак  $\$$  в диапазоне D2:I2 для использования ассортимента продукции из строки 2 при копировании формулы. В ячейке D15 по такой же формуле вычисляется используемый объем сырья.

Аналогичным образом, прибыль определяется как:

$$\begin{aligned} & (\text{прибыль\_с\_фунта\_препарата } 1) \times (\text{количество\_препарата } 1) + \\ & + (\text{прибыль\_с\_фунта\_препарата } 2) \times (\text{количество\_препарата } 2) + \dots + \\ & + (\text{прибыль\_с\_фунта\_препарата } 6) \times (\text{количество\_препарата } 6). \end{aligned}$$

Прибыль вычисляется в ячейке D12 по простой формуле  $=\text{СУММПРОИЗВ}(D9:I9, \$D\$2:\$I\$2)$ .

Теперь можно определить три компонента модели поиска решения для выбора ассортимента продукции:

- ◆ **Целевая ячейка** — цель состоит в максимальном увеличении прибыли, вычисляемой в ячейке D12;
- ◆ **Изменяемые ячейки** — объем каждого произведенного продукта в фунтах указан в диапазоне ячеек D2:I2;
- ◆ **Ограничения** — имеются следующие ограничения.
  - Не использовать больше рабочего времени и сырья, чем доступно. Это означает, что значения в ячейках D14:D15 (используемые ресурсы) должны быть меньше или равны значениям в ячейках F14:F15 (доступные ресурсы).
  - Не производить больше препаратов, чем требуется. Это означает, что значения в ячейках D2:I2 (количества произведенных препаратов в фунтах) должны быть меньше или равны значениям потребности в каждом препарате (указанным в ячейках D8:I8).
  - Невозможно произвести отрицательное количество любого препарата.

В этой главе показано, как ввести целевую ячейку, изменяемые ячейки и ограничения в инструменте **Поиск решения** (Solver). После этого для поиска максимально прибыльного ассортимента выпускаемой продукции останется только нажать кнопку **Найти решение** (Solve).

Для начала откройте вкладку **ДАННЫЕ** (DATA) и в группе **Анализ** (Analysis) выберите инструмент **Поиск решения** (Solver).



**ПРИМЕЧАНИЕ**

Как было объяснено в *главе 28*, инструмент **Поиск решения** (Solver) можно активировать по пути: вкладка **ФАЙЛ | Параметры | Надстройки** (FILE | Options | Add-Ins). Затем в списке **Управление** (Manage) выберите **Надстройки Excel** (Excel Add-ins) и нажмите кнопку **Перейти** (Go). Установите флажок **Поиск решения** (Solver Add-In) и нажмите кнопку **ОК**.

Откроется диалоговое окно **Параметры поиска решения** (Solver Parameters), показанное на рис. 29.2.

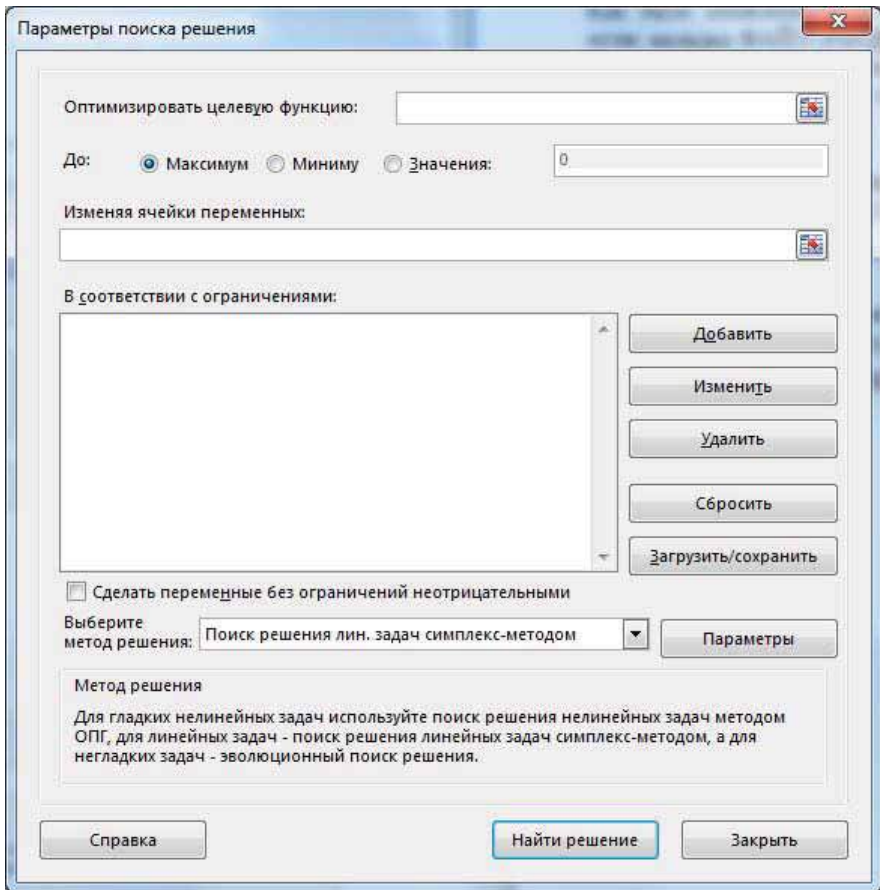


Рис. 29.2. Диалоговое окно **Параметры поиска решения**

В поле **Оптимизировать целевую функцию** (Set Objective) выберите ячейку со значением прибыли (ячейку D12). В поле **Изменяя ячейки переменных** (By Changing Variable Cells) выберите диапазон D2:I2, содержащий количество каждого произведенного продукта в фунтах. Диалоговое окно должно выглядеть так, как на рис. 29.3.

Теперь все готово для добавления в модель ограничений. Нажмите кнопку **Добавить** (Add). Откроется диалоговое окно **Добавление ограничения** (Add Constraint), показанное на рис. 29.4.

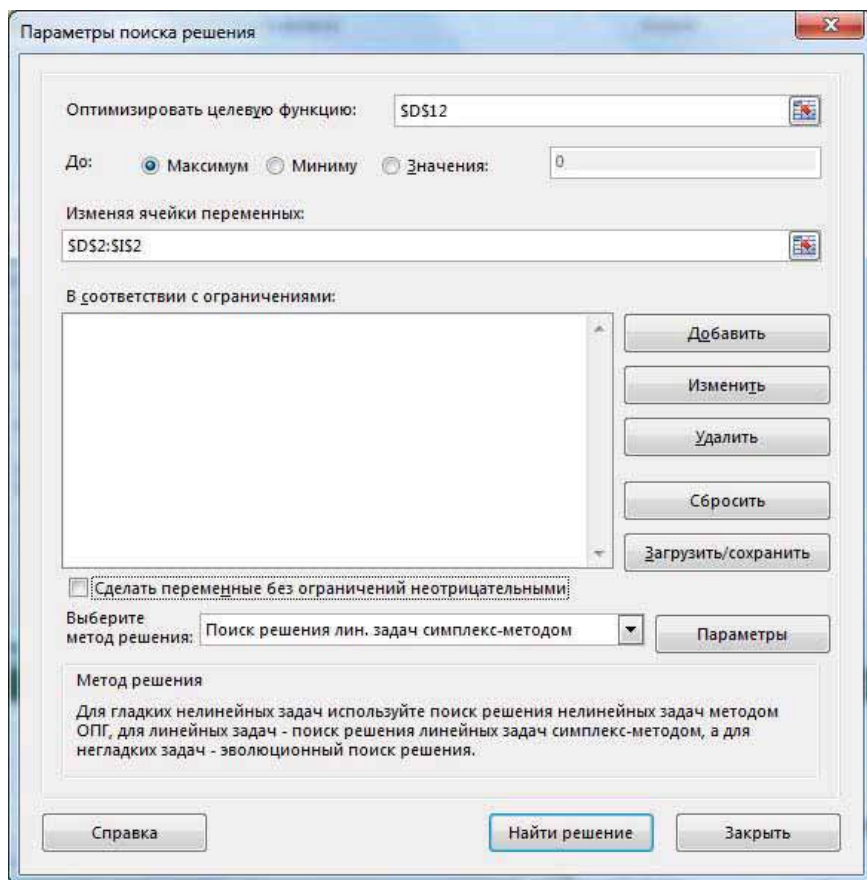


Рис. 29.3. Диалоговое окно **Параметры поиска решения**, в котором определены целевая ячейка и изменяемые ячейки

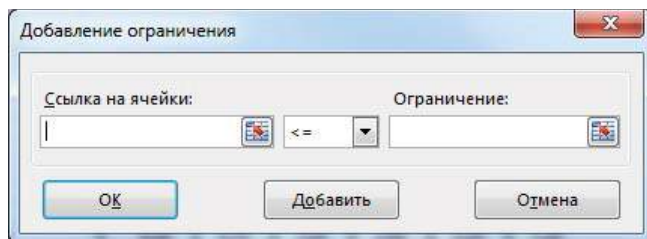


Рис. 29.4. Диалоговое окно **Добавление ограничения**

Для добавления ограничений по ресурсам в поле **Ссылка на ячейки** (Cell Reference) выберите диапазон D14:D15. После подтверждения этого выбора выберите из среднего списка меньше или равно (<=), затем в поле **Ограничение** (Constraint) выберите диапазон F14:F15. Диалоговое окно **Добавление ограничения** (Add Constraint) должно выглядеть так, как на рис. 29.5.

Теперь во время поиска решения при подборе различных значений для изменяемых ячеек будут рассматриваться только комбинации, удовлетворяющие как условию

$D14 \leq F14$  (используемое рабочее время не превышает доступное рабочее время), так и условию  $D15 \leq F15$  (объем используемого сырья не превышает доступный объем сырья). Нажмите кнопку **Добавить** (Add) и в диалоговом окне **Добавление ограничения** (Add Constraint) введите ограничение по потребности в препаратах (рис. 29.6).

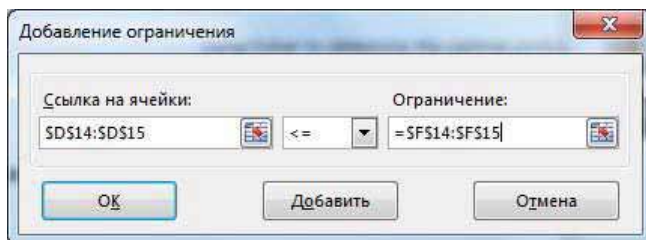


Рис. 29.5. Диалоговое окно **Добавление ограничения** с заданными ограничениями по ресурсам

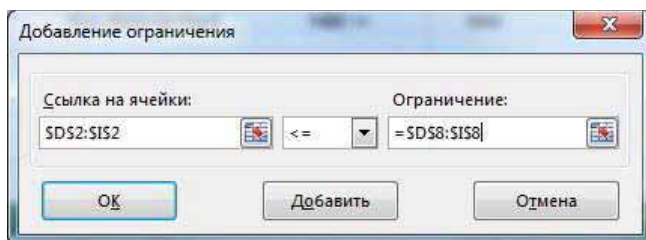


Рис. 29.6. Диалоговое окно **Добавление ограничения** с заданным ограничением по потребности в препаратах

Добавление этих ограничений гарантирует, что во время поиска решения при подборе различных значений для изменяемых ячеек будут рассматриваться только комбинации, удовлетворяющие следующим условиям:

- ◆  $D2 \leq D8$  (количество произведенного препарата 1 меньше или равно потребности в препарате 1);
- ◆  $E2 \leq E8$  (количество произведенного препарата 2 меньше или равно потребности в препарате 2);
- ◆  $F2 \leq F8$  (количество произведенного препарата 3 меньше или равно потребности в препарате 3);
- ◆  $G2 \leq G8$  (количество произведенного препарата 4 меньше или равно потребности в препарате 4);
- ◆  $H2 \leq H8$  (количество произведенного препарата 5 меньше или равно потребности в препарате 5);
- ◆  $I2 \leq I8$  (количество произведенного препарата 6 меньше или равно потребности в препарате 6).

В диалоговом окне **Добавление ограничения** (Add Constraint) нажмите кнопку **ОК**. Установка флажка **Сделать переменные без ограничений неотрицательными**

**ми** (Make Unconstrained Variables Non-Negative) гарантирует, что значения во всех изменяемых ячейках будут больше или равны 0. Диалоговое окно **Параметры поиска решения** должно выглядеть так, как на рис. 29.7.

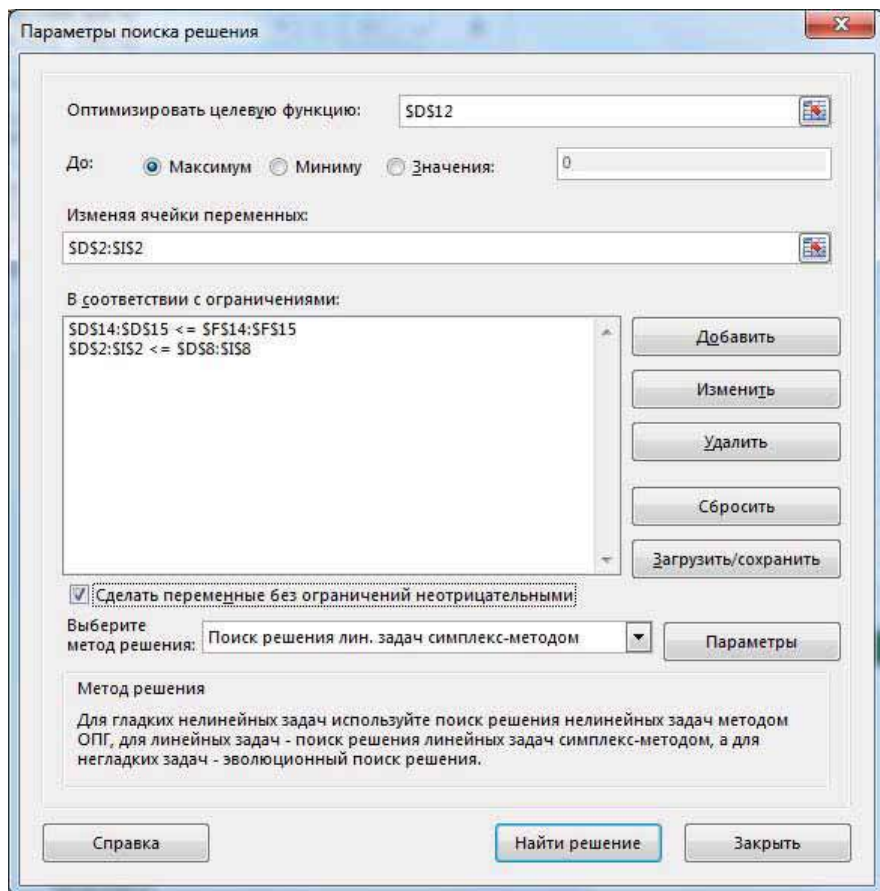


Рис. 29.7. Окончательный вид диалогового окна **Параметры поиска решения** для задачи выбора ассортимента продукции

Убедитесь, что в списке **Выберите метод решения** (Select A Solving Method) выбран вариант **Поиск решения лин. задач симплекс-методом** (Simplex LP). Этот метод должен быть выбран потому, что задача выбора ассортимента продукции представляет собой особый тип задачи поиска решения, называемый *линейной* моделью. По сути, модель поиска решения является линейной при следующих условиях:

- ◆ значение в целевой ячейке вычисляется путем сложения членов в виде (изменяемая\_ячейка)  $\times$  (константа);
- ◆ каждое ограничение удовлетворяет требованию линейной модели. Это означает, что каждое ограничение вычисляется путем сложения членов в виде (изменяемая\_ячейка)  $\times$  (константа) и сравнения сумм с константой.

Почему задача поиска решения для выбора ассортимента является линейной? Значение в целевой ячейке (прибыль) вычисляется следующим образом:

$$\begin{aligned} & (\text{прибыль\_с\_фунта\_препарата 1}) \times (\text{количество\_препарата 1}) + \\ & + (\text{прибыль\_с\_фунта\_препарата 2}) \times (\text{количество\_препарата 2}) + \dots + \\ & + (\text{прибыль\_с\_фунта\_препарата 6}) \times (\text{количество\_препарата 6}). \end{aligned}$$

Это соответствует образцу, в котором значение в целевой ячейке получается путем сложения членов в виде (изменяемая\_ячейка)  $\times$  (константа).

Ограничение по рабочему времени вычисляется путем сравнения значения выражения

$$\begin{aligned} & (\text{рабочее\_время\_для\_фунта\_препарата 1}) \times (\text{количество\_фунтов\_препарата 1}) + \\ & + (\text{рабочее\_время\_для\_фунта\_препарата 2}) \times (\text{количество\_фунтов\_препарата 2}) + \dots + \\ & + (\text{рабочее\_время\_для\_фунта\_препарата 6}) \times (\text{количество\_фунтов\_препарата 6}) \end{aligned}$$

с доступным количеством рабочего времени.

Следовательно, ограничение по рабочему времени вычисляется путем сложения членов в виде (изменяемая\_ячейка)  $\times$  (константа) и последующего сравнения суммы с константой. И ограничение по рабочему времени, и ограничение по сырью удовлетворяют требованиям линейной модели.

Ограничения по потребности в препарате принимают следующий вид:

$$\begin{aligned} & (\text{количество произведенного препарата 1}) \leq (\text{потребность в препарате 1}) \\ & (\text{количество произведенного препарата 2}) \leq (\text{потребность в препарате 2}) \\ & \dots \\ & (\text{количество произведенного препарата 6}) \leq (\text{потребность в препарате 6}) \end{aligned}$$

Каждое ограничение по потребности в препарате также удовлетворяет требованиям линейной модели, поскольку оно вычисляется путем сложения членов в виде (изменяемая\_ячейка)  $\times$  (константа) и сравнения суммы с константой.

Если модель ассортимента продукции линейная, беспокоиться не о чем.

- ◆ Если модель для поиска решения линейная, и выбран симплекс-метод, для модели гарантированно будет найдено оптимальное решение. Если модель нелинейная, оптимальное решение может быть (а может и не быть) найдено.
- ◆ Если модель для поиска решения линейная, и выбран симплекс-метод, поиск оптимального решения для модели будет выполняться по эффективному алгоритму (симплекс-методом). Если модель для поиска решения линейная, но выбран не симплекс-метод, поиск решения будет выполнен по малоэффективному алгоритму, методом обобщенного понижающего градиента (Generalized Reduced Gradient, GRG2), и при поиске оптимального решения могут возникнуть трудности.

После нажатия кнопки **Найти решение** (Solve) для модели выбора ассортимента продукции будет найдено оптимальное решение (если оно существует). Как было сказано в *главе 28*, оптимальным решением по множеству всех допустимых реше-

ний для модели выбора ассортимента продукции является набор значений в изменяемых ячейках (количество произведенных препаратов в фунтах), максимально увеличивающих прибыль. Допустимое решение представляет собой набор значений в изменяемых ячейках, удовлетворяющих всем ограничениям. Значения в изменяемых ячейках, показанные на рис. 29.8, являются допустимым решением, поскольку все объемы производства неотрицательны, объемы производства не превышают потребность в продукции и используемые ресурсы не превышают доступные ресурсы.

	B	C	D	E	F	G	H	I
1								
2		Фунты	150	160	170	180	190	200
3	Доступно	Продукт	1	2	3	4	5	6
4	4500	Рабочее время	6	5	4	3	2,5	1,5
5	1600	Сырье	3,2	2,6	1,5	0,8	0,7	0,3
6		Цена за единицу	\$ 12,50	\$ 11,00	\$ 9,00	\$ 7,00	\$ 6,00	\$ 3,00
7		Переменные затраты	\$ 6,50	\$ 5,70	\$ 3,60	\$ 2,80	\$ 2,20	\$ 1,20
8		Потребность	960	928	1041	977	1084	1055
9		Прибыль на единицу продукции	\$ 6,00	\$ 5,30	\$ 5,40	\$ 4,20	\$ 3,80	\$ 1,80
10								
11								
12		Прибыль	\$ 4 504,00					
13					Available			
14		Использованный труд	3695 <=		4500			
15		Использованное сырье	1488 <=		1600			

Рис. 29.8. Допустимое решение задачи выбора ассортимента продукции соответствует ограничениям

Измененные значения ячеек, показанные на рис. 29.9, являются недопустимым решением по следующим причинам:

- ◆ препарата 5 производится больше, чем требуется;
- ◆ используется больше рабочего времени, чем доступно;
- ◆ используется больше сырья, чем доступно.

	B	C	D	E	F	G	H	I
1								
2		Фунты	300	0	0	0	1085	1000
3	Доступно	Продукт	1	2	3	4	5	6
4	4500	Рабочее время	6	5	4	3	2,5	1,5
5	1600	Сырье	3,2	2,6	1,5	0,8	0,7	0,3
6		Цена за единицу	\$ 12,50	\$ 11,00	\$ 9,00	\$ 7,00	\$ 6,00	\$ 3,00
7		Переменные затраты	\$ 6,50	\$ 5,70	\$ 3,60	\$ 2,80	\$ 2,20	\$ 1,20
8		Потребность	960	928	1041	977	1084	1055
9		Прибыль на единицу продукции	\$ 6,00	\$ 5,30	\$ 5,40	\$ 4,20	\$ 3,80	\$ 1,80
10								
11								
12		Прибыль	\$ 7 723,00					
13					Available			
14		Использованный труд	6012,5 <=		4500			
15		Использованное сырье	2019,5 <=		1600			

Рис. 29.9. Недопустимое решение задачи выбора ассортимента продукции из-за несоответствия заданным ограничениям

	B	C	D	E	F	G	H	I
1								
2		Фунты	0	0	0	596,667	1084	0
3	Доступно	Продукт	1	2	3	4	5	6
4	4500	Рабочее время	6	5	4	3	2,5	1,5
5	1600	Сырье	3,2	2,6	1,5	0,8	0,7	0,3
6		Цена за единицу	\$ 12,50	\$ 11,00	\$ 9,00	\$ 7,00	\$ 6,00	\$ 3,00
7		Переменные затраты	\$ 6,50	\$ 5,70	\$ 3,60	\$ 2,80	\$ 2,20	\$ 1,20
8		Потребность	960	928	1041	977	1084	1055
9		Прибыль на единицу продукции	\$ 6,00	\$ 5,30	\$ 5,40	\$ 4,20	\$ 3,80	\$ 1,80
10								
11								
12		Прибыль	\$ 6 625,20					
13					Available			
14		Использованный труд	4500	<=	4500			
15		Использованное сырье	1236,1333	<=	1600			

Рис. 29.10. Оптимальное решение задачи выбора ассортимента продукции

Фармацевтическая компания может максимально увеличить свою ежемесячную прибыль до 6625,20 долларов путем производства только препарата 4 в объеме 596,67 фунта и препарата 5 в объеме 1084 фунта (рис. 29.10). Невозможно определить, существует ли другой способ достижения максимальной прибыли в размере 6625,20 долларов. Единственно можно утверждать, что в этом месяце невозможно получить прибыль больше, чем 6625,20 долларов, при ограничениях на ресурсы и имеющейся потребности в препаратах.

### Всегда ли модель поиска решения имеет решение?

Предположим, что удовлетворение потребности в каждом продукте является обязательным условием. (См. в файле Prodmix.xlsx лист No Feasible Solution.) Для этого необходимо изменить ограничение на потребность в препаратах с  $D2:I2 \leq D8:I8$  на  $D2:I2 \geq D8:I8$ . Откройте инструмент **Поиск решения** (Solver), выберите ограничение  $D2:I2 \leq D8:I8$  и нажмите кнопку **Изменить** (Change). Появится диалоговое окно **Изменение ограничения** (Change Constraint), показанное на рис. 29.11.

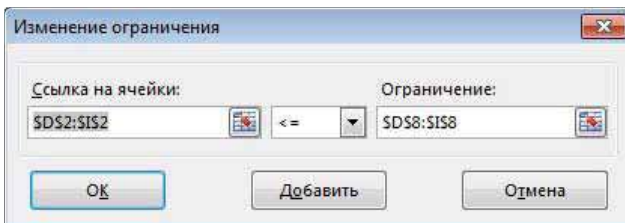


Рис. 29.11. Диалоговое окно Изменение ограничения

Выберите в списке  $\geq$ , как показано на рис. 29.12, и нажмите кнопку **ОК**. Теперь при поиске решения гарантированно будут рассматриваться только те изменения ячеек, которые удовлетворяют потребность в препаратах. При нажатии кнопки **Найти решение** (Solve) появится сообщение "В ходе поиска не удалось найти допустимого решения" (Solver could not find a feasible solution). Это сообщение не означает, что в модели сделана ошибка, просто ограничения на ресурсы не позво-

ляют удовлетворить потребность во всех продуктах. Таким образом, для удовлетворения потребности во всех продуктах необходимо добавить рабочее время или сырье или то и другое.

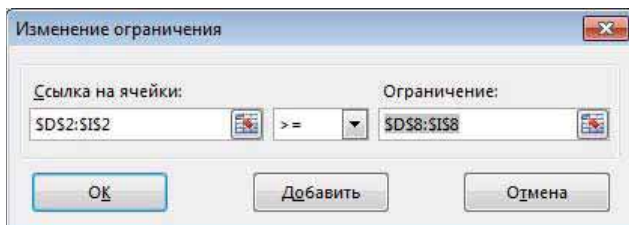


Рис. 29.12. Ограничение для гарантированного удовлетворения потребности в продуктах

### Что означает выдаваемый моделью для поиска решения ответ "Значения ячейки целевой функции не сходятся"?

Что произойдет, если допустить неограниченную потребность в каждом продукте и производство отрицательных количеств каждого препарата? (См. в файле Prodmix.xlsx лист Set Values Do Not Converge.) Для поиска оптимального решения в такой ситуации откройте инструмент **Поиск решения** (Solver) и в диалоговом окне **Параметры поиска решения** (Solver Parameters) снимите флажок **Сделать переменные без ограничений неотрицательными** (Make Unconstrained Variables Non-Negative). Далее выберите ограничение по потребности в препаратах  $D2:I2 \leq D8:I8$  и нажмите кнопку **Удалить** (Delete) для устранения ограничения. Затем нажмите кнопку **Найти решение** (Solve). Появится сообщение "Значения ячейки целевой функции не сходятся" (Set Cell Values Do Not Converge). Оно означает, что если значение целевой ячейки должно быть максимальным (как в данном примере), то существуют допустимые решения со сколь угодно большими значениями в целевой ячейке. Например, если требуется получить миллиард долларов прибыли, инструмент **Поиск решения** (Solver) мог бы найти допустимое решение для указанной величины прибыли (см. задание 7). (Если значение в целевой ячейке должно быть минимальным, сообщение "Значения ячейки целевой функции не сходятся" означает, что существуют допустимые решения со сколь угодно малыми значениями в целевой ячейке.) В этой ситуации при допущении негативных количеств препаратов создаются ресурсы, которые могут быть использованы для производства сколь угодно больших количеств других препаратов. С учетом неограниченной потребности в препаратах можно получить неограниченную прибыль. В реальной ситуации бесконечно большую сумму денег получить невозможно. Таким образом, появление сообщения "Значения ячейки целевой функции не сходятся" означает, что в модели имеется ошибка.

## Задания

1. Предположим, что фармацевтическая компания может приобрести до 500 часов рабочего времени на 1 доллар за час дороже, чем нынешние затраты на оплату труда. Каким образом это отразится на максимальной величине прибыли?



2. На заводе-изготовителе микросхем четыре техника (А, В, С и D) производят три продукта (продукт 1, 2 и 3). В этом месяце производитель чипов может продать 80 единиц продукта 1, 50 единиц продукта 2 и не больше 50 единиц продукта 3. Техник А может производить только продукт 1 и 3. Техник В производит только продукт 1 и 2. Техник С может производить только продукт 3. Техник D производит только продукт 2. С каждой произведенной единицы продукции завод получает следующую прибыль: продукт 1 — 6 долларов, продукт 2 — 7 долларов и продукт 3 — 10 долларов. Время (в часах), необходимое каждому специалисту для производства продукта, указано в табл. 29.1.

Таблица 29.1

Продукт	Техник А	Техник В	Техник С	Техник D
1	2	2,5	Не производит	Не производит
2	Не производит	3	Не производит	3,5
3	3	Не производит	4	Не производит

Каждый техник может работать до 120 часов в месяц. Каким образом можно максимально увеличить ежемесячную прибыль завода-изготовителя? Разрешается производить дробное количество единиц продукции.

3. Завод-изготовитель производит мыши, клавиатуры и игровые джойстики. В табл. 29.2 приведена прибыль с единицы продукции, количество рабочего времени, затрачиваемое на единицу продукции, ежемесячная потребность в продуктах и количество машинного времени, затрачиваемое на единицу продукции.

Таблица 29.2

	Мышь	Клавиатура	Джойстик
Прибыль/единица, долл.	8	11	9
Рабочее время/единица, час	0,2	0,3	0,24
Машинное время/единица, час	0,04	0,055	0,04
Ежемесячная потребность	15 000	29 000	11 000

Каждый месяц доступно в общей сложности 13 000 часов рабочего времени и 3000 часов машинного времени. Каким образом можно максимально увеличить ежемесячную прибыль завода-изготовителя?

4. Решите пример с препаратами при условии, что обязательная минимальная потребность в каждом препарате составляет 200 единиц.
5. Джейсон изготавливает бриллиантовые браслеты, ожерелья и серьги. Он собирается работать максимум 160 часов в месяц. У него имеется 800 унций алмазов. В табл. 29.3 указана прибыль, рабочее время в часах и количество алмазов в унциях для каждого продукта. Как Джейсон может максимально увеличить свою прибыль при неограниченной потребности в каждом продукте?

Таблица 29.3

Продукт	Прибыль/единица, долл.	Рабочее время/ единица	Унции/единица
Браслет	300	0,35	1,2
Ожерелье	200	0,15	0,75
Серьги	100	0,05	0,5

6. В примере с ассортиментом продукции предположим, что всякий раз при продаже более 400 фунтов любого продукта необходимо давать скидку 1 доллар за каждый фунт, проданный сверх 400 фунтов. Изменит ли это решение задачи?
7. Найдите допустимое решение для получения прибыли в миллиард долларов при условии, что потребность в продуктах не ограничена и допускается производство отрицательных количеств.
8. Найдите допустимое решение для получения прибыли в миллиард долларов при условии неограниченной потребности и неограниченных ресурсов.



# Поиск решения при планировании расписания работы сотрудников

### Обсуждаемый вопрос

- ◆ Каким образом следует планировать рабочее расписание сотрудников для удовлетворения потребности в рабочей силе?

Многие организации (такие как банки, рестораны и почта) имеют различную потребность в рабочей силе в разные дни недели, поэтому им необходим эффективный метод составления расписания работы своих сотрудников. Для решения задачи составления рабочего расписания сотрудников можно применить инструмент **Поиск решения**.

## Ответ на вопрос в начале главы

---

В этом разделе рассмотрен ответ на вопрос, приведенный в начале главы.

### Каким образом следует планировать рабочее расписание сотрудников для удовлетворения потребности в рабочей силе?

В Bank 24 чеки обрабатываются семь дней в неделю. В файле Bank24.xlsx в строке 14 указано количество сотрудников, необходимое для ежедневной обработки чеков (рис. 30.1). Например, для выполнения работы во вторник необходимы 13 сотрудников, в среду — 15 сотрудников и т. д. Все сотрудники банка работают пять дней подряд. Какое минимальное количество сотрудников отвечает потребности банка в рабочей силе?

- ◆ **Целевая ячейка** — минимизация общего количества сотрудников.
- ◆ **Изменяемые ячейки** — количество сотрудников, которые начинают работу (в первый из пяти подряд идущих дней) в каждый день недели. Значение в каждой изменяемой ячейке должно быть неотрицательным целым числом.
- ◆ **Ограничения** — для каждого дня недели количество работающих сотрудников должно быть больше или равно требуемому количеству сотрудников.

Для создания модели решения этой задачи необходимо отследить количество сотрудников, работающих каждый день. Начнем с ввода пробных значений для количества сотрудников, приступающих каждый день к работе в свою пятидневную смену, в диапазон ячеек A5:A11. Например, в ячейке A5 введено значение 1, показы-

вающее, что в понедельник к работе приступает 1 сотрудник, который проработает с понедельника по пятницу. Ежедневно необходимое количество работников указано в диапазоне C14:I14.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
2	Всего				Существует множество решений для 20 сотрудников					
3	20		Работает?							
4	Число приступивших к работе	День начала работы	Понедельник	Вторник	Среда	Четверг	Пятница	Суббота	Воскресенье	
5	1	Понедельник	1	1	1	1	1	0	0	
6	3	Вторник	0	1	1	1	1	1	0	
7	0	Среда	0	0	1	1	1	1	1	
8	4	Четверг	1	0	0	1	1	1	1	
9	1	Пятница	1	1	0	0	1	1	1	
10	2	Суббота	1	1	1	0	0	1	1	
11	9	Воскресенье	1	1	1	1	0	0	1	
12		Количество работающих	17	16	15	17	9	10	16	
13			≥	≥	≥	≥	≥	≥	≥	
14		Требуется	17	13	15	17	9	9	12	

Рис. 30.1. Данные для задачи планирования работы сотрудников

Для отслеживания количества сотрудников, работающих каждый день, в каждую ячейку диапазона C5:I11 введены значения 1 или 0. Значение 1 указывает, что сотрудники, приступившие к работе в день, связанный с этой строкой, работают в день, связанный с этим столбцом. Например, 1 в ячейке G5 показывает, что сотрудники, которые начали работать в понедельник, работают в пятницу; 0 в ячейке H5 показывает, что сотрудники, которые начали работать в понедельник, не работают в субботу.

Количество сотрудников, работающих каждый день, можно вычислить по формуле =СУММПРОИЗВ(\$A\$5:\$A\$11;C5:C11), скопировав ее из ячейки C12 в ячейки D12:I12. Например, в ячейке C12 эта формула эквивалентна формуле =A5+A8+A9+A10+A11, вычисляющей (число приступивших к работе в понедельник) + (число приступивших к работе в четверг) + (число приступивших к работе в пятницу) + (число приступивших к работе в субботу) + (число приступивших к работе в воскресенье). Это действительно общее количество сотрудников, работающих в понедельник.

После ввода формулы =СУММ(A5:A11) для вычисления общего количества сотрудников в ячейку A3 можно ввести данные для модели в окне **Параметры поиска решения** (Solver Parameters), как показано на рис. 30.2.

В целевой ячейке (A3) необходимо минимизировать общее количество сотрудников. Ограничение C12:I12>=C14:I14 гарантирует, что количество работающих каждый день сотрудников, по крайней мере, не меньше количества необходимых каждый день сотрудников. Ограничение A5:A11=целое гарантирует, что количество приступающих каждый день к работе сотрудников является целым числом. Для добавления этого ограничения в диалоговом окне **Параметры поиска решения** (Solver Parameters) следует нажать кнопку **Добавить** (Add) и ввести данные в диалоговом окне **Добавление ограничения** (Add Constraint) в соответствии с рис. 30.3.

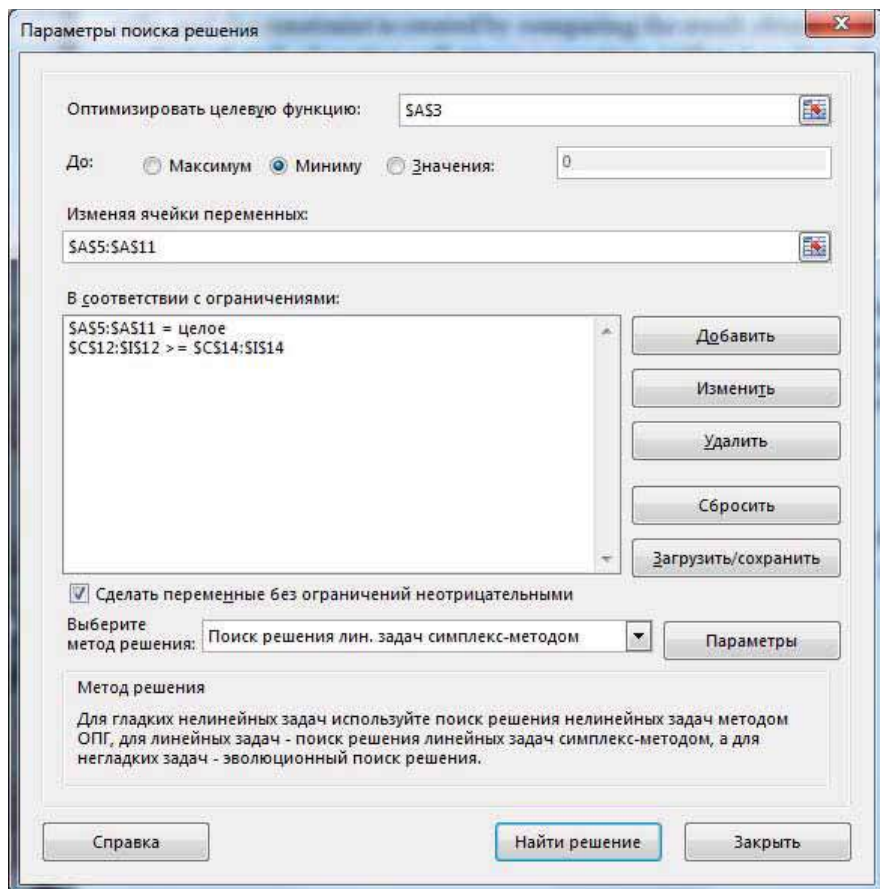


Рис. 30.2. Диалоговое окно **Параметры поиска решения** для решения задачи составления рабочего расписания сотрудников

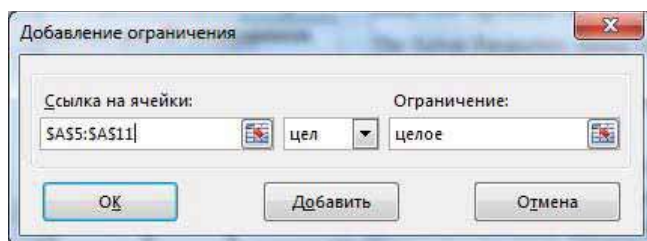


Рис. 30.3. Это ограничение определяет количество приступающих каждый день к работе сотрудников как целое число

Обратите внимание, что эта модель является линейной, поскольку значение в целевой ячейке создается путем сложения значений в изменяемых ячейках, а ограничение создается путем сравнения результата сложения значений в изменяемых ячейках, умноженных на константу (или 1 или 0), с требуемым количеством сотрудников. Следовательно, для решения необходимо выбрать симплекс-метод. Кроме того, поскольку количество приступающих к работе сотрудников в каждый из дней

не может быть отрицательным, установите флажок **Сделать переменные без ограничений неотрицательными** (Make Unconstrained Variables Non-Negative). После нажатия кнопки **Найти решение** (Solve) появится оптимальное решение, показанное ранее на рис. 30.1.

В общей сложности для такой работы потребуется 20 сотрудников. Один сотрудник приступает к работе в понедельник, три — во вторник, четыре — в четверг, один — в пятницу, два — в субботу и девять — в воскресенье. Обратите внимание, что на самом деле эта модель имеет несколько оптимальных решений для 20 сотрудников. При повторном запуске поиска решения, возможно, будет найдено одно из альтернативных решений.

## Задания

1. Предположим, что в Bank 24 работает 22 сотрудника, и цель заключается в составлении расписания с максимальным количеством выходных дней для сотрудников в субботу и воскресенье. Как должно быть составлено расписание?
2. Предположим, что сотрудники Bank 24 получают по 150 долларов в день за работу в первые пять дней и по 350 долларов за переработку. Каким образом банк должен составить расписание?
3. В табл. 30.1 указано количество телефонных операторов, необходимых авиакомпании в течение рабочего дня.

**Таблица 30.1**

Время	Требуемое количество операторов
00:00—04:00	12
04:00—08:00	16
08:00—12:00	22
12:00—16:00	30
16:00—20:00	31
20:00—24:00	22

Каждый оператор работает в одну из шестичасовых смен: 00:00—06:00, 06:00—12:00, 12:00—18:00, 18:00—24:00. Каково минимальное количество операторов?

4. На рис. 30.4 показано количество людей в различных демографических группах, которые смотрят различные телепередачи, и стоимость (в тысячах долларов) размещения 30-секундной рекламы в каждой передаче. Например, размещение 30-секундной рекламы в телесериале "Друзья" стоит 160 000 долларов. Этот сериал смотрит 6 млн мужчин в возрасте от 18 до 35 лет, 3 млн мужчин в возрасте от 36 до 55 лет, 1 млн мужчин старше 55 лет, 9 млн женщин в возрасте от 18 до 35 лет, 4 млн женщин в возрасте от 36 до 55 лет и 2 млн женщин старше 55 лет. Данные также включают количество людей в каждой группе (в млн), которым

рекламодатель хотел бы показать рекламу. Например, рекламодателю хотелось бы показать свою рекламу, по крайней мере, 60 млн мужчин в возрасте от 18 до 35 лет. Каков наиболее дешевый способ достижения этих целей?

	D	E	F	G	H	I	J
4	требуемая телеаудитория	60	60	28	60	60	28
5	Телепередача	М 18-35	М 36-55	М >55	Ж 18-35	Ж 36-55	Ж >55
6	Друзья	6	3	1	9	4	2
7	MNF	6	5	3	1	1	1
8	Малкольм	5	2	0	4	2	0
9	Sports Center	0,5	0,5	0,3	0,1	0,1	0
10	MTV	0,7	0,2	0	0,9	0,1	0
11	Lifetime	0,1	0,1	0	0,6	1,3	0,4
12	CNN	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3
13	Jag	1	2	4	1	3	4

Рис. 30.4. Данные к заданию 4

5. Кредитный союз Pine Valley Credit Union пытается составить расписание для кассиров банка. Кредитный союз открыт с 8 часов утра до 6 часов вечера, и количество кассиров, необходимое каждый час для работы, указано в табл. 30.2.

Таблица 30.2

Требуемое количество кассиров	Время
4	8—9
8	9—10
6	10—11
4	11—12
9	12—13
8	13—14
5	14—15
4	15—16
4	16—17
5	17—18

Полный рабочий день кассира длится с 8 часов утра до 17 часов (с перерывом на ланч с 12 до 13 часов) или с 9 часов утра до 18 часов (с перерывом на ланч с 13 до 14 часов).

Неполный рабочий день кассира длится с 10 часов утра до 14 часов. Кассиры, работающие полный рабочий день, получают 300 долларов в день, а кассиры, работающие неполный день, получают 60 долларов в день. На неполный рабочий день можно нанять не более четырех кассиров. Каким образом кредитный союз может минимизировать свои затраты на оплату труда кассиров?





# Поиск решения для задач транспортировки и распределения

### Обсуждаемый вопрос

- ◆ Как фармацевтическая компания может определить, где следует производить препараты и откуда их надо отгружать клиентам?

Многие компании производят свои продукты в различных местах (часто называемых *точками поставки*) и отправляют свои продукты клиентам (в так называемые *точки спроса*). Возникает естественный вопрос: "Каков самый дешевый способ производства и транспортировки продуктов клиентам при условии удовлетворения спроса?" Такой тип задач называется *транспортной задачей*. Транспортная задача может быть представлена в виде линейной модели для инструмента **Поиск решения** (Solver) следующим образом:

- ◆ **Целевая ячейка** — минимизация общей стоимости производства продукции и транспортных издержек;
- ◆ **Изменяемые ячейки** — количества произведенной продукции в каждой точке поставки, отправляемые в каждую точку спроса;
- ◆ **Ограничения** — количества, отправляемые из каждой точки поставки, не могут превышать производственные мощности соответствующего завода. Спрос должен быть удовлетворен в каждой точке спроса. Кроме того, значение в каждой изменяемой ячейке не может быть отрицательным.

## Ответ на вопрос в начале главы

---

В этом разделе рассматривается ответ на вопрос, приведенный в начале главы.

### Как фармацевтическая компания может определить, где следует производить препараты и откуда их надо отгружать клиентам?

Решение этой задачи приведено в файле Transport.xlsx. Предположим, что фармацевтическая компания производит определенный препарат на своих предприятиях в Лос-Анджелесе, Атланте и Нью-Йорке. Каждый месяц завод в Лос-Анджелесе может произвести до 10 000 фунтов препарата. В Атланте может быть произведено до 12 000 фунтов и в Нью-Йорке — до 14 000 фунтов. Каждый месяц компания должна отправлять препарат (количества в фунтах указаны в ячейках B2:E2) в четы-

ре региона США: на восток, средний запад, юг и запад (рис. 31.1). Например, на Восток каждый месяц должно быть поставлено, по крайней мере, 13 000 фунтов препарата. Стоимость производства фунта препарата на каждом заводе и доставки его в каждый регион страны указана в ячейках B4:E6. Например, производство одного фунта препарата в Лос-Анджелесе и отправка его на Средний Запад стоит 3,50 долларов. Каков наиболее дешевый способ поставки требуемых количеств препарата в каждый регион?

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2	СПРОС	9000	6000	6000	13000			
3		Восток	Средний Запад	Юг	Запад	Мощности		
4	Лос-Анджелес	\$ 5,00	\$ 3,50	\$ 4,20	\$ 2,20	10000		
5	Атланта	\$ 3,20	\$ 2,60	\$ 1,80	\$ 4,80	12000		
6	Нью-Йорк	\$ 2,50	\$ 3,10	\$ 3,30	\$ 5,40	14000		
7								
8	Поставки							
9		Восток	Средний Запад	Юг	Запад	Отправлено	Мощности	
10	Лос-Анджелес	0	0	0	10000	10000 <=	10000	
11	Атланта	0	3000	6000	3000	12000 <=	12000	
12	Нью-Йорк	9000	3000	0	0	12000 <=	14000	
13	Получено	9000	6000	6000	13000			
14		>=	>=	>=	>=			
15	Спрос	9000	6000	6000	13000			
16								
17								
18	Общие затраты	\$ 86 800,00						

Рис. 31.1. Данные для транспортной задачи

Для отображения цели в целевой ячейке необходимо отследить общие затраты. После ввода в диапазон ячеек B10:E12 пробных значений для отгрузки из каждой точки поставки в каждый регион общие затраты могут быть вычислены как

$$\begin{aligned}
 & (\text{количество\_отправленное\_из\_Лос-Анджелеса\_на\_восток}) \times \\
 & (\text{стоимость\_фунта\_препарата\_отправленного\_из\_Лос-Анджелеса\_на\_восток}) + \\
 & (\text{количество\_отправленное\_из\_Лос-Анджелеса\_на\_средний\_запад}) \times (\text{стоимость\_фунта\_препарата\_отправленного\_из\_Лос-Анджелеса\_на\_средний\_запад}) + \\
 & (\text{количество\_отправленное\_из\_Лос-Анджелеса\_на\_юг}) \times \\
 & (\text{стоимость\_фунта\_препарата\_отправленного\_из\_Лос-Анджелеса\_на\_юг}) + \\
 & (\text{количество\_отправленное\_из\_Лос-Анджелеса\_на\_запад}) \times \\
 & (\text{стоимость\_фунта\_препарата\_отправленного\_из\_Лос-Анджелеса\_на\_запад}) + \\
 & \dots + (\text{количество\_отправленное\_из\_Нью-Йорка\_на\_запад}) \times \\
 & (\text{стоимость\_фунта\_препарата\_отправленного\_из\_Нью-Йорка\_на\_запад}).
 \end{aligned}$$

С помощью функции СУММПРОИЗВ (SUMPRODUCT) можно перемножить соответствующие элементы двух прямоугольных диапазонов (при условии, что прямоугольники имеют одинаковый размер) и сложить произведения. Присвоим диапазону B4:E6 имя Costs, а диапазону изменяемых ячеек (B10:E12) имя Shipped. Таким образом, об-

щие транспортные и производственные затраты можно вычислить в ячейке B18 по формуле =СУММПРОИЗВ(Costs;Shipped).

Для выражения ограничений модели сначала вычислим общее количество препарата, отправленное из каждой точки поставки. По формуле =СУММ(B10:E10) в ячейке F10 вычисляется общее количество в фунтах, отправленное из Лос-Анджелеса (на восток) + (на средний запад) + (на юг) + (на запад). Скопируйте эту формулу в ячейки F11:F12 для расчета количеств препарата, отправленных из Атланты и Нью-Йорка. Позже будет добавлено ограничение (называемое *ограничением по поставке*), гарантирующее, что количество препарата, отправленное из каждого местоположения, не превышает производственные мощности соответствующего завода.

Затем вычислим общее количество полученного препарата в каждой точке спроса. Сначала введите формулу =СУММ(B10:B12) в ячейку B13. По этой формуле вычисляется общее количество препарата в фунтах, полученное на Востоке (из Лос-Анджелеса) + (из Атланты) + (из Нью-Йорка). Скопируйте эту формулу из ячейки B13 в ячейки C13:E13 для расчета количеств препарата, полученных на среднем западе, юге и востоке. Позднее будет добавлено ограничение (называемое *ограничением по спросу*), гарантирующее получение в каждом регионе требуемого количества препарата.

Выберите на вкладке **ДАННЫЕ** (DATA) в группе **Анализ** (Analysis) инструмент **Поиск решения** (Solver). В открывшемся диалоговом окне **Параметры поиска решения** (Solver Parameters) введите данные в соответствии с рис. 31.2.

В задаче требуется минимизировать общие затраты (вычисляемые в ячейке B18). Изменяемые ячейки содержат количества препарата в фунтах, отправленные с каждого завода в каждый из регионов страны. (Эти количества указаны в диапазоне с именем Shipped, состоящем из ячеек B10:E12.) Ограничение F10:F12<=H10:H12 (ограничение по поставке) гарантирует, что количества препарата, отправленного с каждого завода, не превышают производственные мощности этого завода. Ограничение B13:E13>=B15:E15 (ограничение по спросу) гарантирует получение каждым регионом требуемого количества препарата.

Эта модель является линейной моделью поиска решения, т. к. значение в целевой ячейке определяется путем сложения членов в виде (изменяемая\_ячейка) × (константа), и оба ограничения, как по поставке, так и по спросу, созданы путем сравнения суммы значений в изменяемых ячейках с константой. Поскольку модель является линейной, выберите для решения симплекс-метод. Очевидно, что поставки должны быть неотрицательными, поэтому установите флажок **Сделать переменные без ограничений неотрицательными** (Make Unconstrained Variables Non-Negative).

Теперь в окне **Параметры поиска решения** (Solver Parameters) нажмите кнопку **Найти решение** (Solve). На экране появится оптимальное решение, представленное ранее на рис. 31.1. Минимальные затраты на удовлетворение спроса клиентов составляют 86 800 долларов. Такой минимум затрат может быть достигнут, если компания использует следующий план производства и транспортировки:

- ◆ отправка 10 000 фунтов препарата из Лос-Анджелеса на запад;
- ◆ отправка 3000 фунтов препарата из Атланты на запад и отправка такого же количества препарата из Атланты на средний запад. Отправка 6000 фунтов препарата из Атланты на юг;
- ◆ отправка 9000 фунтов препарата из Нью-Йорка на восток и отправка 3000 фунтов из Нью-Йорка на средний запад.

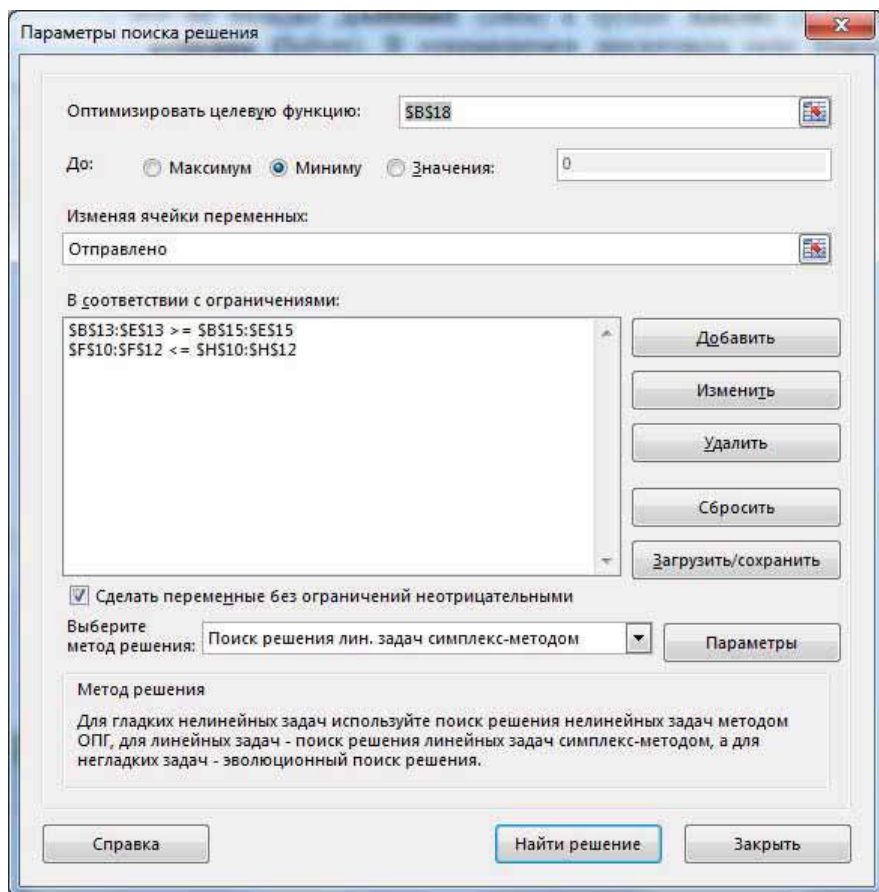


Рис. 31.2. Параметры поиска решения транспортной задачи

## Задания

1. В табл. 31.1 приведены расстояния между городами Бостон, Чикаго, Даллас, Лос-Анджелес и Майами. Каждый город потребляет 40 000 кВт/ч (киловатт-часов) электроэнергии, а Чикаго, Даллас и Майами способны производить по 70 000 кВт/ч. Предположим, что передача 1000 кВт/ч на 100 миль стоит 4 доллара. Откуда следует передавать энергию для минимизации затрат на удовлетворение спроса в каждом городе?

Таблица 31.1

	Бостон	Чикаго	Даллас	Лос-Анджелес	Майами
Чикаго	983	0	1205	2112	1390
Даллас	1815	1205	0	801	1332
Майами	1539	1390	1332	2757	0

2. Решите задачу, описанную в данной главе при условии, что спрос на Западе возрос на 13 000 фунтов.
3. Фармацевтическая компания производит и продает препараты в нескольких местах. Решение о том, где производить товары для каждого места продажи, может оказать большое влияние на прибыльность. Модель решения этой задачи аналогична модели, рассмотренной в данной главе. Определите, где должны быть произведены препараты при условии, что:
  - препараты производятся в шести местах и продаются в шести регионах;
  - ставка налога и переменные затраты на производство зависят от места производства. Например, стоимость любой единицы продукции, произведенной в местоположении 3, равна 6 долларов; прибыль с этой продукции облагается налогом в 20%;
  - продажная цена каждого препарата зависит от места продажи. Например, каждый продукт в местоположении 2 продается за 40 долларов (табл. 31.2);

Таблица 31.2

Место производства	1	2	3	4	5	6
Продажная цена, долл.	45	40	38	36	39	34
Ставка налога, %	31	40	20	40	35	18
Переменные затраты на производство, долл.	8	7	6	9	7	7

- каждый из шести заводов может производить до 6 млн единиц продукции в год;
- ежегодный спрос на продукцию (в млн единиц) в каждом местоположении указан в табл. 31.3;

Таблица 31.3

Место продажи	1	2	3	4	5	6
Спрос	1	2	3	4	5	6

- затраты (в долларах) на транспортировку единицы продукции зависят от завода, на котором производится продукт, и места продажи продукта (табл. 31.4).

Таблица 31.4

	Место продажи 1	Место продажи 2	Место продажи 3	Место продажи 4	Место продажи 5	Место продажи 6
Завод 1	3	4	5	6	7	8
Завод 2	5	2	6	9	10	11
Завод 3	4	3	1	6	8	6
Завод 4	5	5	7	2	5	5
Завод 5	6	9	6	5	3	7
Завод 6	7	7	8	9	10	4

Например, затраты на транспортировку единицы продукции, произведенной на заводе 1 и проданной в местоположении 3, составляют 5 долларов.

Как можно максимально увеличить прибыль после уплаты налогов при ограниченных производственных мощностях?

4. Предположим, что каждый день в северной, центральной и южной части Калифорнии используется по 100 млрд галлонов воды. Также предположим, что в северной и центральной частях Калифорнии доступно по 120 млрд галлонов воды, в то время как в южной части Калифорнии доступно 40 млрд галлонов воды. Стоимость (в долларах) доставки 1 млрд галлонов воды между этими тремя регионами указана в табл. 31.5.

Таблица 31.5

	Северная	Центральная	Южная
Северная	5000	7000	10 000
Центральная	7000	5000	6000
Южная	10 000	6000	5000

Спрос на воду не может быть удовлетворен, поэтому предположим, что каждый миллиард галлонов воды неудовлетворенного спроса влечет потери от дефицита, указанные в табл. 31.6.

Таблица 31.6

	Северная	Центральная	Южная
Потери от дефицита/млрд галлонов, долл.	6000	5500	9000

Как следует распределить воду в Калифорнии для сведения к минимуму суммы доставки и потерь от дефицита?

# Поиск решения для бюджетирования капиталовложений

### Обсуждаемый вопрос

- ◆ Как с помощью инструмента **Поиск решения** компания может определить, какой из проектов ей следует принять к реализации?

Каждый год компании, такие как Eli Lilly, определяют, какие препараты создавать; такие как Microsoft — какое программное обеспечение разрабатывать; такие как Proctor&Gamble — какие потребительские товары усовершенствовать. Принять решение поможет инструмент **Поиск решения**.

### Ответ на вопрос в начале главы

---

В этом разделе рассматривается ответ на вопрос, приведенный в начале главы.

#### Как с помощью инструмента *Поиск решения* компания может определить, какой из проектов ей следует принять к реализации?

Большинство корпораций предпочитает осуществлять проекты, которые при условии ограниченных ресурсов (как правило, это денежные средства и рабочая сила) имеют наибольшую чистую приведенную стоимость (ЧПС). Скажем, компания-разработчик программного обеспечения пытается определить, какие из 20 проектов ей следует принять к реализации. ЧПС (в млн долларов) каждого проекта, а также затраты (в млн долларов) и количество программистов, необходимое в течение следующих трех лет, представлены в файле *Capbudget.xlsx* на листе *Basic Model* (рис. 32.1). Например, второй проект принесет в результате 908 млн долларов. Для его реализации требуется 151 млн долларов в первый год, 269 млн долларов во второй год и 248 млн долларов в третий год. Для работы над вторым проектом необходимо задействовать 139 программистов в первый год, 86 программистов во второй год и 83 программиста в третий год. В ячейках  $E4:G4$  указаны денежные суммы (в млн долларов), доступные в течение каждого года из следующих трех лет, а в ячейках  $H4:J4$  показано количество доступных программистов. Например, в первый год доступно не более 2,5 млрд долларов и 900 программистов.

Для каждого проекта компания должна решить, принимать ли его к реализации. Кроме того, компания не может принять к реализации часть проекта; например, при выделении половины необходимых ресурсов компания получает неработающую программу, которая принесет 0 долларов дохода!



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1		Общая ЧПС								
2		9293		Использ.	2460	2684	2742	876	895	702
3					<=	<=	<=	<=	<=	<=
4				Доступно	2500	2800	2900	900	900	900
5	Какой проект?	ЧПС		Затраты год1	Затраты год 2	Затраты год 3	Программисты год 1	Программисты год 2	Программисты год 3	
6	0 Проект 1	928		398	180	368	111	108	123	
7	1 Проект 2	908		151	269	248	139	86	83	
8	1 Проект 3	801		129	189	308	56	61	23	
9	0 Проект 4	543		275	218	220	54	70	59	
10	0 Проект 5	944		291	252	228	123	141	70	
11	1 Проект 6	848		80	283	285	119	84	37	
12	1 Проект 7	545		203	220	77	54	44	42	
13	1 Проект 8	808		150	113	143	67	101	43	
14	1 Проект 9	638		282	141	160	37	55	64	
15	1 Проект 10	841		214	254	355	130	72	62	
16	0 Проект 11	664		224	271	130	51	79	58	
17	0 Проект 12	546		225	150	33	35	107	63	
18	0 Проект 13	699		101	218	272	43	90	71	
19	1 Проект 14	599		255	202	70	3	75	83	
20	1 Проект 15	903		228	351	240	60	93	80	
21	1 Проект 16	859		303	173	431	60	90	41	
22	0 Проект 17	748		133	427	220	59	40	39	
23	0 Проект 18	668		197	98	214	95	96	74	
24	1 Проект 19	888		313	278	291	66	75	74	
25	1 Проект 20	655		152	211	134	85	59	70	

Рис. 32.1. Данные для определения предпочтительных проектов с помощью инструмента Поиск решения

Прием, применяемый в ситуациях моделирования, в которых необходимо что-либо делать или что-либо не делать, состоит в использовании бинарных изменяемых ячеек. Значение в бинарной изменяемой ячейке всегда только 0 или 1. Если значение в соответствующей проекту бинарной изменяемой ячейке равно 1, проект принимается к реализации. Если значение в такой ячейке равно 0, проект не принимается. Использование диапазона бинарных изменяемых ячеек при поиске решения задается путем добавления соответствующего ограничения: в диалоговом окне **Добавление ограничения** (Add Constraint) укажите ссылку на требуемые изменяемые ячейки и выберите из списка **бин** (Bin).

На основании вышесказанного можно перейти к решению задачи отбора проектов. Как и для любой модели поиска решения, необходимо начать с определения целевой ячейки, изменяемых ячеек и ограничений.

- ◆ **Целевая ячейка** — максимальная ЧПС выбранных проектов.
- ◆ **Изменяемые ячейки** — подбор 0 или 1 в изменяемой ячейке, соответствующей каждому проекту. Определите для этих ячеек диапазон A6:A25 (с именем `doit`). Например, 1 в ячейке A6 укажет, что первый проект принят к реализации, а 0 в ячейке A6 укажет, что первый проект не принят.
- ◆ **Ограничения** — для каждого года  $t$  ( $t = 1, 2, 3$ ) используемые денежные суммы должны быть меньше или равны доступным суммам, а количество используемых программистов не должно превышать количество доступных программистов.

Как видно из рисунка, на листе должна вычисляться ЧПС, ежегодные затраты и необходимое количество программистов для любых выбранных проектов. В ячейке

В2 вычислите ЧПС выбранных проектов по формуле  $=\text{СУММПРОИЗВ}(\text{doit};\text{NPV})$ . (Имя NPV относится к диапазону C6:C25.) Для каждого проекта со значением 1 в столбце A по этой формуле выбирается ЧПС проекта, а для каждого проекта со значением 0 в столбце A по этой формуле ЧПС не учитывается. Таким образом, вычисляется ЧПС всех отобранных проектов. Задача является линейной, поскольку значение в целевой ячейке рассчитывается путем суммирования членов в виде (изменяемая\_ячейка)  $\times$  (константа). Ежегодные затраты и необходимое количество программистов вычисляются аналогичным образом путем копирования формулы  $=\text{СУММПРОИЗВ}(\text{doit};\text{E6}:\text{E25})$  из ячейки E2 в ячейки F2:J2.

Теперь введите данные в диалоговом окне **Параметры поиска решения** (Solver Parameters), как показано на рис. 32.2.

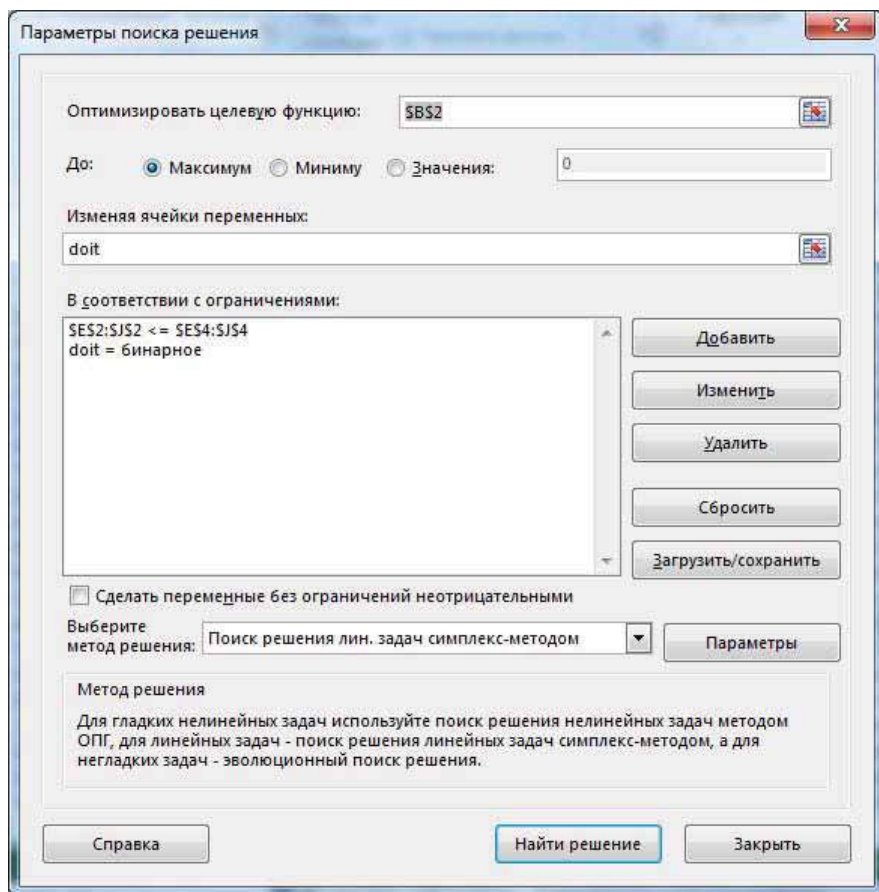


Рис. 32.2. Диалоговое окно Параметры поиска решения для модели выбора проектов

Цель состоит в получении максимальной ЧПС выбранных проектов (ячейка B2). Изменяемые ячейки (диапазон с именем doit) являются бинарными ячейками для соответствующих проектов. Ограничение E2:J2<=E4:J4 гарантирует, что каждый год затраты и рабочая сила не превышают доступных величин. Для добавления ограни-

чения, по которому изменяемые ячейки становятся бинарными, в диалоговом окне **Параметры поиска решения** (Solver Parameters) нажмите кнопку **Добавить** (Add) и затем в диалоговом окне **Добавление ограничения** (Add Constraint) укажите ссылку на эти ячейки и выберите из списка в центре значение **бин** (Bin). Диалоговое окно **Добавление ограничения** (Add Constraint) показано на рис. 32.3.

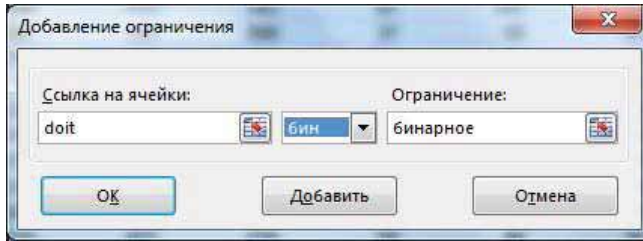


Рис. 32.3. Выбор бин в диалоговом окне **Добавление ограничения** для бинарных изменяемых ячеек (со значениями 0 или 1)

Описанная модель является линейной, поскольку значение в целевой ячейке рассчитывается как сумма членов в виде (изменяемая\_ячейка)  $\times$  (константа), а ограничения на использование ресурсов вычисляются путем сравнения суммы членов в виде (изменяемая\_ячейка)  $\times$  (константа) с константой. Следовательно, для решения выбираем симплекс-метод.

После ввода всех данных в диалоговом окне **Параметры поиска решения** (Solver Parameters) нажмите кнопку **Найти решение** (Solve) и просмотрите результаты, показанные ранее на рис. 32.1. Компания может получить максимальную ЧПС в размере 9293 млн долларов (9,293 млрд долларов), выбрав для реализации проекты 2, 3, 6—10, 14—16, 19 и 20.

## Обработка других ограничений

Иногда модели отбора проектов включают и другие ограничения. Например, предположим, что при выборе проекта 3 необходимо также выбрать проект 4. Поскольку полученное ранее оптимальное решение включает проект 3, но не проект 4, для новой задачи оно не является оптимальным. Для решения задачи добавьте следующее ограничение: значение в бинарной изменяемой ячейке для проекта 3 меньше или равно значению в бинарной изменяемой ячейке для проекта 4.

Этот пример (рис. 32.4) можно найти в файле Capbudget.xlsx на листе If 3 then 4. Ячейка L9 ссылается на бинарное значение, связанное с проектом 3, а ячейка L12 — на бинарное значение, связанное с проектом 4. После добавления ограничения  $L9 \leq L12$  при выборе проекта 3 значение в L9 равно 1, и это ограничение принудительно устанавливает значение 1 для бинарного значения проекта 4. Это ограничение не оказывает влияние на бинарное значение в изменяемой ячейке, соответствующей проекту 4, если проект 3 не выбран. Если проект 3 не выбран, значение в L9 равно 0, и бинарное значение для проекта 4 может быть равно 0 или 1, что и требуется. На рис. 32.4 приведено новое оптимальное решение.

№	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1		Общая ЧПС										
2		9157		Использ.	2444	2760	2837		866	895	659	
3				<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=		
4				Доступно	2500	2800	2900		900	900	900	
5	Какой проект?	ЧПС			Затраты год1	Затраты год 2	Затраты год 3	Програм-мисты год 1	Програм-мисты год 2	Програм-мисты год 3		
6	0	Проект 1	928		398	180	368	111	108	123		
7	1	Проект 2	908		151	269	248	139	86	83		
8	1	Проект 3	801		129	189	308	56	61	23	Проект 3	
9	1	Проект 4	543		275	218	220	54	70	59		1
10	0	Проект 5	944		291	252	228	123	141	70	<=	
11	1	Проект 6	848		80	283	285	119	84	37	Проект 4	
12	1	Проект 7	545		203	220	77	54	44	42		1
13	1	Проект 8	808		150	113	143	67	101	43		
14	1	Проект 9	638		282	141	160	37	55	64		
15	0	Проект 10	841		214	254	355	130	72	62		
16	0	Проект 11	664		224	271	130	51	79	58		
17	0	Проект 12	546		225	150	33	35	107	63		
18	0	Проект 13	699		101	218	272	43	90	71		
19	0	Проект 14	599		255	202	70	3	75	83		
20	1	Проект 15	903		228	351	240	60	93	80		
21	1	Проект 16	859		303	173	431	60	90	41		
22	1	Проект 17	748		133	427	220	59	40	39		
23	1	Проект 18	668		197	98	214	95	96	74		
24	1	Проект 19	888		313	278	291	66	75	74		
25	0	Проект 20	655		152	211	134	85	59	70		

Рис. 32.4. Новое оптимальное решение для обязательного выбора проекта 4 после выбора проекта 3

Теперь предположим, что можно выбрать только четыре проекта из первых десяти проектов. (См. лист At Most 4 Of P1-P10, показанный на рис. 32.5.) В ячейке L8 формула =СУММ(A6:A15) вычисляется сумма бинарных значений, связанных с проектами 1—10. Добавьте ограничение L8<=L10, гарантирующее выбор не более четырех проектов из первых 10 проектов. Новое оптимальное решение представлено на рис. 32.5. ЧПС упала до 9,014 млрд долларов.

№	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1		Общая ЧПС										
2		9014		Использ.	2378	2734	2755		778	896	702	
3				<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=		
4				Доступно	2500	2800	2900		900	900	900	
5	Какой проект?	ЧПС			Затраты год1	Затраты год 2	Затраты год 3	Програм-мисты год 1	Програм-мисты год 2	Програм-мисты год 3		
6	0	Проект 1	928		398	180	368	111	108	123	Не больше 4	
7	0	Проект 2	908		151	269	248	139	86	83	из 1-10	
8	1	Проект 3	801		129	189	308	56	61	23		4
9	0	Проект 4	543		275	218	220	54	70	59	<=	
10	0	Проект 5	944		291	252	228	123	141	70		4
11	0	Проект 6	848		80	283	285	119	84	37		
12	1	Проект 7	545		203	220	77	54	44	42		
13	1	Проект 8	808		150	113	143	67	101	43		
14	0	Проект 9	638		282	141	160	37	55	64		
15	1	Проект 10	841		214	254	355	130	72	62		
16	0	Проект 11	664		224	271	130	51	79	58		
17	0	Проект 12	546		225	150	33	35	107	63		
18	1	Проект 13	699		101	218	272	43	90	71		
19	1	Проект 14	599		255	202	70	3	75	83		
20	1	Проект 15	903		228	351	240	60	93	80		
21	1	Проект 16	859		303	173	431	60	90	41		
22	1	Проект 17	748		133	427	220	59	40	39		
23	1	Проект 18	668		197	98	214	95	96	74		
24	1	Проект 19	888		313	278	291	66	75	74		
25	1	Проект 20	655		152	211	134	85	59	70		

Рис. 32.5. Оптимальное решение для выбора не более четырех проектов из первых десяти проектов

## Решение задач бинарного и целочисленного программирования

Поиск решения для линейных моделей, в которых все или несколько изменяемых ячеек должны содержать бинарные или целые значения, обычно более сложен, чем для линейных моделей, в которых все изменяемые ячейки могут содержать дроби. По этой причине аналитики для задач бинарного или целочисленного программирования часто удовлетворяются решением, близким к оптимальному. Если поиск решения для модели продолжается длительное время, можно в диалоговом окне **Параметры поиска решения** (Solver Options) кнопкой **Параметры** (Options) открыть диалоговое окно **Параметры** (Options) и попробовать откорректировать значение в поле **Целочисленная оптимальность** (Integer Optimality) — рис. 32.6. Например, значение 0,5 показывает, что поиск решения будет остановлен, как только будет найдено первое допустимое решение со значением в целевой ячейке, находящимся в пределах 0,5% от теоретического оптимального значения. (Теоретическое оптимальное значение в целевой ячейке — это оптимальное значение, найденное при отсутствии бинарных и целочисленных ограничений.) Часто приходится сталкиваться с выбором между поиском решения в пределах 10% от оптимального

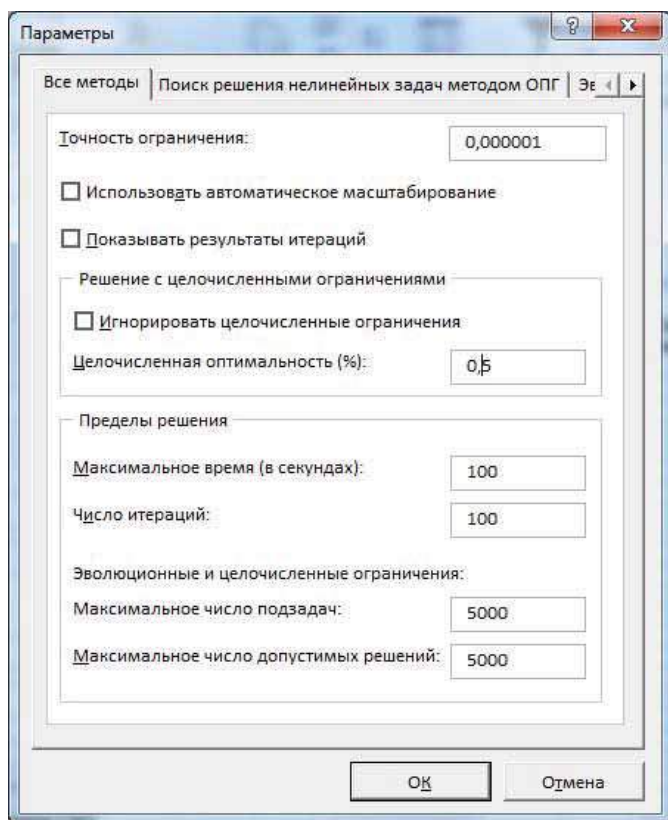


Рис. 32.6. Корректировка параметра Целочисленная оптимальность

в течение 10 мин и поиском оптимального решения, для которого требуется 2 недели машинного времени! По умолчанию целочисленная оптимальность равна 5%; это означает, что поиск решения прекращается, когда найдено значение целевой ячейки в пределах 5% от теоретического оптимального значения в целевой ячейке. Когда пример с проектами разработки программного обеспечения был решен в первый раз, для целочисленной оптимальности было установлено значение 5%, и для целевой ячейки было найдено оптимальное значение 9269. После изменения значения целочисленной оптимальности на 0,50% для целевой ячейки было получено большее значение (9293).

## Задания

1. Компания рассматривает девять проектов. В табл. 32.1 указаны ЧПС каждого проекта и денежные средства, необходимые для его реализации в следующие два года. (Все данные указаны в миллионах.) Например, первый проект добавляет ЧПС в размере 14 млн долларов и требует затрат в первый год на сумму 12 млн долларов и во второй год на сумму 3 млн долларов. В первый год для реализации проектов доступно 50 млн долларов, во второй год — 20 млн долларов.

Таблица 32.1

	ЧПС	Затраты, год 1	Затраты, год 2
Проект 1	14	12	3
Проект 2	17	54	7
Проект 3	17	6	6
Проект 4	15	6	2
Проект 5	40	32	35
Проект 6	12	6	6
Проект 7	14	48	4
Проект 8	10	36	3
Проект 9	12	18	3

- Как можно увеличить ЧПС до максимума при условии, что принять к реализации часть проекта невозможно (можно принять только весь проект целиком)?
  - Предположим, что проект 5 должен быть принят к реализации в случае, если к реализации принят проект 4. Каким образом можно получить максимальную ЧПС?
2. Издательская компания пытается определить, какие из 36 книг должны быть изданы в этом году. Информация о каждой книге приведена в файле Pressdata.xlsx:

- прогнозируемые доходы и затраты на разработку (в тысячах долларов);
- количество страниц в каждой книге;
- ориентированность книги на разработчиков программного обеспечения (указана значением 1 в столбце E).

В этом году компания может издать книги общим объемом до 8500 страниц, и, по крайней мере, четыре книги должны быть ориентированы на разработчиков программного обеспечения. Каким образом компания может максимально увеличить свою прибыль?

3. В уравнении  $SEND + MORE = MONEY$  каждая буква представляет цифру от 0 до 9. Какая цифра связана с каждой буквой?
4. Джил пытается составить свое расписание на следующий семестр. Семестр состоит из двух половин по семь недель каждая. Джил должна пройти четыре курса обучения в каждой из половин семестра. В каждом семестре по пять временных интервалов. Естественно, Джил не может пройти один и тот же курс дважды. Для каждого курса и соответствующего временного интервала Джил указала определенную ценность. Эти данные содержатся в файле `Classdata.xlsx`. Например, курсу 1 в течение временного интервала 5 в первой половине семестра присвоена ценность 5. Какие курсы обучения должна пройти Джил в течение каждой половины семестра для максимального увеличения ценности пройденных за семестр курсов?
5. Используйте условное форматирование для выделения желтым цветом каждой строки, соответствующей выбранному проекту.
6. С помощью инструмента **Поиск решения** (Solver) определите минимальное число монет для суммы в 92 цента.

# Поиск решения при финансовом планировании

## Обсуждаемые вопросы

- ◆ Можно ли с помощью инструмента **Поиск решения** проверить точность функции ПЛТ и определить ипотечные платежи с плавающей процентной ставкой?
- ◆ Можно ли с помощью инструмента **Поиск решения** определить, сколько денежных средств необходимо отложить для выхода на пенсию?

**Поиск решения** может оказаться мощным инструментом для анализа задач финансового планирования. Во многих задачах подобного типа такие количества, как невыплаченный остаток по ссуде или сумма денег, необходимая для выхода на пенсию, меняются с течением времени. Например, рассмотрим ситуацию с займом денег. Поскольку невыплаченный остаток по ссуде снижается только за счет не процентной части каждого ежемесячного платежа, справедливо следующее уравнение (уравнение 1):

$$(\text{невыплаченный остаток по ссуде на конец периода } t) = (\text{невыплаченный остаток по ссуде на начало периода } t) - [(\text{платеж за месяц } t) - (\text{выплаченные проценты за месяц } t)].$$

Теперь предположим, что вы откладываете деньги на пенсию. Вплоть до выхода на пенсию вы вносите сумму денег на свой пенсионный счет в начале каждого периода (допустим, что период равен году), и в течение года ваш пенсионный фонд инвестирует деньги и получает определенный доход от инвестиций. После выхода на пенсию вы снимаете деньги со своего счета в начале каждого года, и ваш пенсионный фонд все еще получает доход от инвестиций. Известно, что следующее уравнение (уравнение 2) описывает отношение между вкладами, снятием денег и доходом от инвестиций:

$$(\text{пенсионные сбережения на конец года } t + 1) = (\text{пенсионные сбережения на конец года } t + \text{пенсионный вклад в начале года } t + 1 - \text{снятие денег в начале года } t + 1) \times (1 + \text{инвестиционный доход в \% за год } t + 1).$$

Сочетание этих базовых отношений с инструментом **Поиск решения** (Solver) позволяет ответить на многие вопросы финансового планирования.

## Ответы на вопросы в начале главы

В этом разделе приведены ответы на вопросы, перечисленные в начале главы.

**Можно ли с помощью инструмента *Поиск решения* проверить точность функции ПЛТ и определить ипотечные платежи с плавающей процентной ставкой?**



Напомним, что в *главе 9* вычисленный ежемесячный платеж (при условии осуществления платежей в конце месяца) по 10-месячной ссуде в размере 8000 долларов при годовой ставке 10% составил 1037,03 долл. Можно ли определить ежемесячный платеж с помощью инструмента **Поиск решения** (Solver)? Ответ см. в файле *Finmathsolver.xlsx* на листе *PMT By Solver* (рис. 33.1).

	A	B	C	D	E
1			ставка	0,00666667	
2					
3		С помощью функции ПЛТ	\$1 037,03		
4	Месяц	Остаток на начало месяца	Платеж	Проценты по ссуде	Остаток на конец месяца
5	1	\$ 10 000,00	\$ 1 037,03	\$ 66,67	\$ 9 029,63
6	2	\$ 9 029,63	\$ 1 037,03	\$ 60,20	\$ 8 052,80
7	3	\$ 8 052,80	\$ 1 037,03	\$ 53,69	\$ 7 069,45
8	4	\$ 7 069,45	\$ 1 037,03	\$ 47,13	\$ 6 079,55
9	5	\$ 6 079,55	\$ 1 037,03	\$ 40,53	\$ 5 083,05
10	6	\$ 5 083,05	\$ 1 037,03	\$ 33,89	\$ 4 079,90
11	7	\$ 4 079,90	\$ 1 037,03	\$ 27,20	\$ 3 070,07
12	8	\$ 3 070,07	\$ 1 037,03	\$ 20,47	\$ 2 053,51
13	9	\$ 2 053,51	\$ 1 037,03	\$ 13,69	\$ 1 030,16
14	10	\$ 1 030,16	\$ 1 037,03	\$ 6,87	\$ 0,00

Рис. 33.1. Модель поиска решения для вычисления ежемесячного платежа по ссуде

Ключом к этой модели является применение уравнения 1 (приведенного ранее в данной главе) для отслеживания остатка на начало месяца. В целевой ячейке должен находиться минимальный размер ежемесячного платежа. Изменяемая ячейка — это ячейка с ежемесячным платежом. Единственным ограничением является нулевой остаток на конец десятого месяца.

Введите остаток на начало месяца в ячейку B5. В ячейку C5 (с именем *Payment*) можно ввести пробный размер ежемесячного платежа и затем скопировать его в диапазон ячеек C6:C14. Поскольку подразумевается, что платежи осуществляются в конце каждого месяца, проценты отражаются на остатке на начало каждого месяца. Ежемесячная процентная ставка вычисляется в ячейке D1 (с именем *rate*) путем деления ежегодной процентной ставки 0,08 на 12. Уплачиваемые каждый месяц проценты вычисляются путем копирования формулы  $=rate*B5$  из ячейки D5 в ячейки D6:D14. Проценты вычисляются как  $0,006666 \times (\text{остаток на начало месяца})$ . Для вычисления остатка на конец каждого месяца (согласно уравнению 1) скопируйте формулу  $=(B5 - (Payment - D5))$  из ячейки E5 в ячейки E6:E14. Поскольку (остаток на начало месяца  $t + 1$ ) равен (остатку на конец месяца  $t$ ), остаток на начало каждого месяца вычисляется копированием формулы  $=E5$  из ячейки B6 в ячейки B7:B14.

Теперь все готово для определения ежемесячного платежа с помощью инструмента **Поиск решения** (Solver). Диалоговое окно **Параметры поиска решения** представлено на рис. 33.2.

Цель — минимизация ежемесячного платежа (ячейка C5). Обратите внимание, что изменяемая ячейка является в то же время целевой ячейкой. Единственное ограни-

чение — нулевой остаток на конец десятого месяца. Добавление этого ограничения обеспечивает полное погашение ссуды. После выбора симплекс-метода и неотрицательных переменных запустите **Поиск решения**. Полученный в результате размер ежемесячного платежа (1037,03 долларов) соответствует сумме, вычисленной с помощью функции ПЛТ.

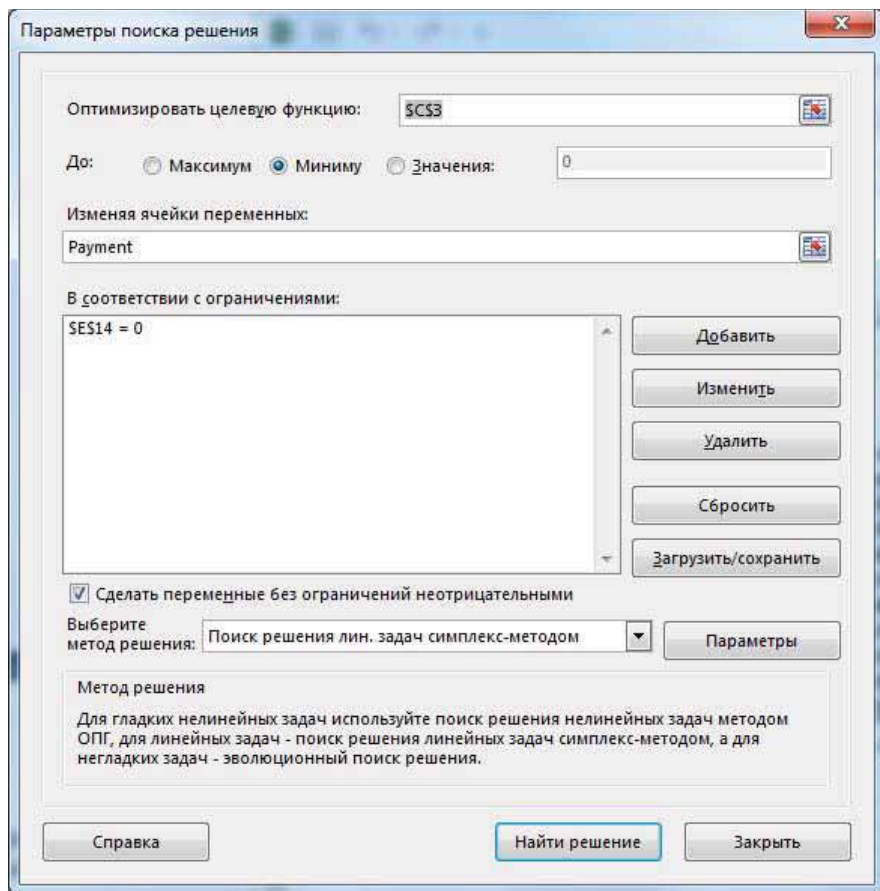


Рис. 33.2. Диалоговое окно **Параметры поиска решения** для определения ежемесячного платежа

Эта модель является линейной, поскольку значение в целевой ячейке равно значению в изменяемой ячейке, и ограничение создается путем сложения значений, кратных значениям в изменяемой ячейке.

Следует отметить, что если модели поиска решения включают очень большие или малые числа, то **Поиск решения** обрабатывает их как линейные или как нелинейные случайным образом. Во избежание этой проблемы в диалоговом окне **Параметры** (Options) рекомендуется установить флажок **Использовать автоматическое масштабирование** (Use Automatic Scaling). После этого модель должна распознаваться как линейная.

**Можно ли с помощью инструмента Поиск решения определить, сколько денежных средств необходимо отложить для выхода на пенсию?**

Количество денег, которое необходимо отложить для выхода на пенсию, можно определить с помощью уравнения 2 (приведенного ранее в данной главе). Например, для планируемой пенсии вы в начале этого года и в начале каждого из следующих 39 лет вносите некоторую сумму денег в свой пенсионный фонд. Каждый год вы планируете увеличивать свой взнос на 500 долларов. После выхода на пенсию через 40 лет вы планируете снимать по 100 000 долларов в год в течение 20 лет (в начале каждого года). Вы сделали следующие предположения о доходности своего пенсионного инвестиционного портфеля:

- ◆ в первые 20 лет инвестиции будут приносить доход в размере 10% в год;
- ◆ в остальные годы инвестиции будут приносить доход в размере 5% в год.

Предполагается, что внесение и снятие денег осуществляется в начале года. Исходя из этих предположений, какова наименьшая сумма денег, которую необходимо внести в этом году, и которой будет достаточно для обеспечения снятия требуемых сумм после выхода на пенсию?

Решение этой задачи приведено в файле Finmathsolver.xlsx на листе Retire и на рис. 33.3. Обратите внимание, что часть строк модели скрыта.

	A	B	C	D	E	F
5	Год	Баланс на начало периода	Взнос	Доход	Снятие денег	Баланс на конец периода
6	1	\$0,00	\$ 1 387,87	10%	\$0,00	\$1 526,65
7	2	\$1 526,65	\$ 1 887,87	10%	\$0,00	\$3 755,98
8	3	\$3 755,98	\$ 2 387,87	10%	\$0,00	\$6 758,23
44	39	\$1 146 596,10	\$ 20 387,87	5%	\$0,00	\$1 225 333,17
45	40	\$1 225 333,17	\$ 20 887,87	5%	\$0,00	\$1 308 532,09
46	41	\$1 308 532,09		5%	\$100 000,00	\$1 268 958,69
47	42	\$1 268 958,69		5%	\$100 000,00	\$1 227 406,62
62	57	\$372 324,80		5%	\$100 000,00	\$285 941,04
63	58	\$285 941,04		5%	\$100 000,00	\$195 238,10
64	59	\$195 238,10		5%	\$100 000,00	\$100 000,00
65	60	\$100 000,00		5%	\$100 000,00	\$0,00

Рис. 33.3. Данные планирования пенсии для анализа с помощью инструмента Поиск решения

На этом листе отслеживается баланс на пенсионном счете на протяжении 60 лет. Каждый год инвестиции приносят доход в соответствии с указанной процентной ставкой. Начнем с ввода пробного значения для взноса в первый год в ячейку C6. Копирование формулы =C6+500 из ячейки C7 в ячейки C8:C45 обеспечивает увеличение взноса на 500 долларов в каждый год со 2-го по 40-й. Введите в столбец D предполагаемый процент дохода от инвестиций для каждого из 60 лет. В ячейки E46:E65 введите ежегодно снимаемую со счета сумму 100 000 долларов в годы с 41-го по 60-й. С учетом уравнения 2 вычислите для каждого года баланс на пенсионном счете на конец периода путем копирования формулы =(B6+C6-E6) \* (1+D6) из ячейки F6 в ячейки F7:F65. Для вычисления баланса на начало каждого года со 2-го по 60-й скопируйте формулу =F6 из ячейки B7 в ячейки B8:B65. Безусловно, начальный ба-

ланс в первый год равен 0. Отметим, что значение  $6,8704E-07$  в ячейке F65 приблизительно равно 0 с учетом погрешности округления.

Диалоговое окно **Параметры поиска решения** (Solver Parameters) для этой модели представлено на рис. 33.4. Цель — минимизировать взнос в первый год (ячейка C6). Изменяемой ячейкой также является ячейка со значением взноса в первый год (ячейка C6). Обеспечьте наличие денег в пенсионный период путем добавления ограничения F46:F65>=0, гарантирующего неотрицательный баланс на конец периода для каждого года с 41-го по 60-й.

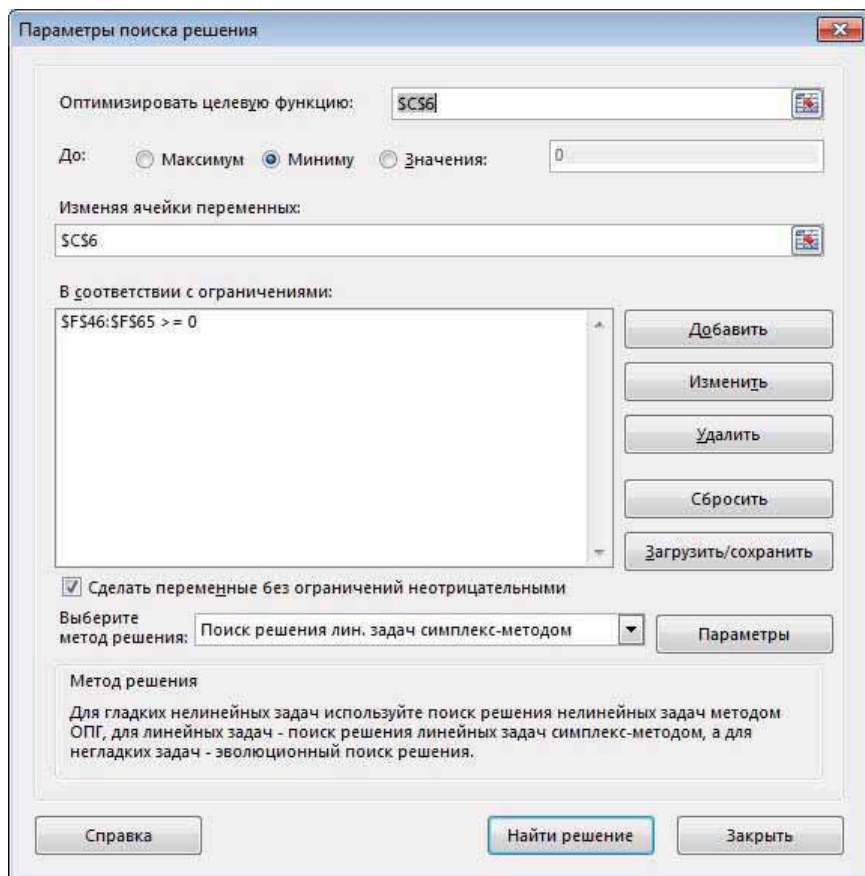


Рис. 33.4. Диалоговое окно **Параметры поиска решения** для задачи с пенсионными инвестициями

В диалоговом окне **Параметры поиска решения** (Solver Parameters) после выбора симплекс-метода и установки флажка **Сделать переменные без ограничений неотрицательными** (Make Unconstrained Variables Non-Negative) нажмите кнопку **Найти решение** (Solve). Взнос в первый год должен составить 1387,87 долларов.

Приведенная модель является линейной, поскольку целевая ячейка та же, что и изменяемая ячейка, а ограничение создается путем добавления значений, кратных

значениям в изменяемых ячейках. Следует отметить, что поскольку доход от инвестиций меняется в разные годы, для этой задачи невозможно найти простое решение с помощью финансовых функций Excel. Инструмент **Поиск решения** (Solver) предоставляет общую схему решения, позволяющую анализировать задачи финансового планирования, в которых ставки по ипотечным кредитам или доходность инвестиций не являются постоянными величинами.

## Задания

1. Я взял займы 15 000 долларов на покупку нового автомобиля. Я должен производить платежи в конце каждого из следующих 60 месяцев. Годовая ставка по кредиту составляет 10%. Агент по продаже автомобилей — мой друг, и он позволит мне производить ежемесячные платежи за месяцы с 1-го по 30-й вдвое больший, чем платежи за месяцы с 31-го по 60-й. Каковы платежи в каждом месяце?
2. Решите задачу планирования пенсии при условии, что снятие денег происходит в конце каждого года, а внесение денег — в начале каждого года.
3. Решите задачу с ипотечным кредитом при условии, что платежи производятся в начале каждого месяца.
4. Предположим, что в задаче планирования пенсии ваша зарплата в первый год составляет 40 000 долларов, и зарплата возрастает на 5% каждый год до выхода на пенсию. Каждый год, пока вы работаете, вы собираетесь откладывать один и тот же процент от зарплаты. Какой процент от зарплаты необходимо откладывать?
5. Предположим, что в задаче с ипотечным кредитом требуется увеличивать ежемесячный платеж на 50 долларов каждый месяц. Каким должен быть ежемесячный платеж?
6. Предположим, что вы собираетесь взять 20-летний ипотечный кредит на сумму 300 000 долларов с осуществлением платежей в конце каждого месяца. Годовая процентная ставка составляет 6%. Через 20 лет необходимо выполнить крупный платеж в размере 40 000 долларов для погашения кредита. Поскольку вы ожидаете, что ваши доходы будут расти, вы собираетесь структурировать кредит таким образом, что в начале каждого года ваш ежемесячный платеж будет расти на 2%. Определите сумму ежемесячного платежа для каждого года.
7. Мать Блэра откладывает деньги на его образование. В табл. 33.1 представлены суммы платежей (в долларах), которые должны быть выполнены в указанное время.

Таблица 33.1

Через 4 года	Через 5 лет	Через 6 лет	Через 7 лет
24 000	26 000	28 000	30 000

Далее приведены доступные инвестиции.

- Сегодня, через год, через два года, через три года и через четыре года она может инвестировать деньги на год и получить доход в размере 6%.
- Сегодня, через два года и через четыре года она может инвестировать деньги на два года и получить доход в размере 14%.
- Через три года она может инвестировать деньги на три года и получить доход в размере 18%.
- Сегодня она может инвестировать деньги на семь лет и получить доход в размере 65%.

Какова минимальная сумма, которую мать Блэра должна вложить в его образование сегодня для гарантированной оплаты счетов колледжа?

8. У меня 10 000 долларов на одной кредитной карте с процентной ставкой 18% годовых и 5000 долларов на другой карте с процентной ставкой 12% годовых. Проценты за месяц рассчитываются на основе остатка на начало месяца. Я могу выплачивать в сумме 2000 долларов в месяц, и минимальный ежемесячный платеж по каждой карте составляет 10% от непоплаченного остатка на начало месяца. Моя цель — расплатиться по обеим картам в течение двух лет. Какова минимальная сумма выплаты процентов?



# Поиск решения при оценке спортивных команд

### Обсуждаемый вопрос

- ◆ Как можно с помощью Excel распределить очки для команд Национальной футбольной лиги?

Многие из нас следят за баскетбольными, футбольными, хоккейными или бейсбольными соревнованиями. Эксперты букмекерских контор устанавливают распределение очков для матчей во всех этих видах спорта, а также в других видах. Например, наиболее вероятным предположением букмекеров был выигрыш командой Indianapolis Colts Суперкубка в 2010 г. с разницей в 7 очков. Вместо этого игру выиграла команда New Orleans Saints. В данной главе с помощью инструмента **Поиск решения** (Solver) показано, что Saints была лучшей командой и должна была быть фаворитом. Теперь посмотрим, как точно **Поиск решения** (Solver) может оценить относительные возможности команд Национальной футбольной лиги (НФЛ).

С помощью простой модели поиска решения можно сгенерировать обоснованное распределение очков для игр на основе результатов в сезоне 2009 г. Решение приведено в файле Nfl2009april2010.xlsx (рис. 34.1). В качестве исходных данных используется счет в каждой игре команд НФЛ в сезоне 2009 г. Изменяемые ячейки для модели поиска решения — это рейтинги для каждой команды и величина преимущества на домашнем поле. Например, если у команды Indianapolis Colts рейтинг +5, а у New York Jets рейтинг +7, то считается, что Jets на два очка превосходят Colts.

Что касается преимущества на домашнем поле, в течение многих лет футбольные команды колледжей и профессиональные футбольные команды, а также профессиональные баскетбольные команды, как правило, выигрывают в среднем три очка (тогда как баскетбольные команды колледжей, как правило, выигрывают в среднем пять очков). Однако в данной модели определим преимущество на домашнем поле как изменяемую ячейку, и пусть **Поиск решения** (Solver) вычислит это значение. Можно определить результат игры в НФЛ как количество очков, на которое команда хозяев опережает команду гостей, и предсказать результат каждой игры с помощью следующего уравнения (уравнение 1):

$$\text{(прогнозные очки, на которые команда хозяев опережает команду гостей)} = \text{(преимущество на домашнем поле)} + \text{(рейтинг команды хозяев)} - \text{(рейтинг команды гостей)}.$$

Например, если преимущество на домашнем поле равно трем очкам, и команда Colts принимает команду Jets, команда Colts будет фаворитом с разницей в одно



очко ( $3 + 5 - 7$ ). Если Jets принимает Colts, команда Jets будет фаворитом с разницей в пять очков ( $3 + 7 - 5$ ). (Игра Tampa Bay—New England была сыграна в Лондоне, так что в этой игре не было хозяев поля.)

Каким образом целевая ячейка даст в результате надежные рейтинги? Цель состоит в определении множества значений для рейтингов команд и преимущества на домашнем поле, которые наилучшим образом предсказывают результаты всех игр. Это означает, что предсказание для каждой игры должно быть как можно ближе к результату каждой игры. Таким образом, требуется минимизировать сумму разностей (фактический результат) – (прогнозируемый результат) по всем играм. Однако проблема с использованием этой цели заключается в том, что ошибки предсказаний с разными знаками аннулируют друг друга. Например, если предсказана ошибочная разница для команды хозяев поля в плюс 50 очков в одной игре и в минус 50 очков в другой игре, в целевой ячейке в результате будет получен 0, показывающий идеальную точность, когда фактически ошибка составляет 50 очков за игру. Эту проблему можно решить путем минимизации суммы по всем играм по формуле  $[(\text{фактический результат}) - (\text{прогнозируемый результат})]^2$ . Теперь ошибки с разными знаками не будут нейтрализовать друг друга.

## Ответ на вопрос в начале главы

В этом разделе рассмотрен ответ на вопрос, приведенный в начале главы.

### Как можно с помощью Excel распределить очки для команд Национальной футбольной лиги?

Теперь посмотрим, как определить точные рейтинги команд НФЛ по результату игр регулярного сезона 2009 г. Данные к этой задаче находятся в файле Nfl2009april2010.xlsx (рис. 34.1).

Сначала поместим пробное значение преимущества на домашнем поле в ячейку B8.

Начиная со строки 5, в столбцах E и F перечислены команды хозяев и команды гостей для каждой игры. Например, первую игру (в строке 5) команда из Теннесси играет в Питсбурге. В столбце G содержатся очки, набранные командой хозяев, а в столбце H — очки, набранные командой гостей. Как видно из рисунка, команда Steelers одержала победу над командой Titans со счетом 13:10. Теперь можно вычислить результат каждой игры (разницу в очках, с которой команда хозяев победила команду гостей) по формуле  $=G5-H5$  в ячейке I5. Установив указатель в правой нижней части этой ячейки и дважды щелкнув кнопкой мыши, можно скопировать формулу до последней игры регулярного сезона, т. е. до строки 260. (Кстати, проще всего выделить все данные, нажав клавиши  $\langle \text{Ctrl} \rangle + \langle \text{Shift} \rangle + \langle \downarrow \rangle$ . Действие, инициируемое этой комбинацией клавиш, распространяется до последней строки, заполненной данными, — строки 260 в данном случае.)

В столбце J создайте прогноз для каждой игры согласно уравнению 1. Прогноз для первой игры вычисляется в ячейке J5 следующим образом:

$=B\$8+ВПР(E5; \$B\$12:\$C\$43; 2; ЛОЖЬ) - ВПР(F5; \$B\$12:\$C\$43; 2; ЛОЖЬ)$

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
2										Сум. квадр. ошибка
3										43108
4			Неделя	Хозяева	Гости	Очки, хозяева	Очки, гости	Разница	Прогноз	Квадра- тичная ошибка
5			1	Pittsburgh Steelers	Tennessee Titans	13	10	3	6,722344	13,856
6			1	Atlanta Falcons	Miami Dolphins	19	7	12	5,637121	40,486
7	преимущество		1	Seattle Seahawks	St. Louis Rams	28	0	28	10,3964	309,89
8	2,260510793		1	New York Giants	Washington Redskins	23	17	6	6,910514	0,829
9			1	Baltimore Ravens	Kansas City Chiefs	38	24	14	18,15126	17,233
10	средний рейтинг	-6E-10	1	Houston Texans	New York Jets	7	24	-17	-4,35591	159,87
11	Команда	рейтинг	1	New Orleans Saints	Detroit Lions	45	27	18	27,40592	88,471
12	Pittsburgh Steelers	1,6819	1	Tampa Bay Buccaneers	Dallas Cowboys	21	34	-13	-10,4081	6,7179
13	Atlanta Falcons	5,0465	1	Arizona Cardinals	San Francisco 49ers	16	20	-4	1,925441	35,111
14	Seattle Seahawks	-9,3007	1	Carolina Panthers	Philadelphia Eagles	10	38	-28	0,172907	793,71
15	New York Giants	0,1028	1	Green Bay Packers	Chicago Bears	21	15	6	13,51688	56,503
16	Baltimore Ravens	7,4648	1	Cincinnati Bengals	Denver Broncos	7	12	-5	2,606708	57,862
17	Houston Texans	1,9461	1	Cleveland Browns	Minnesota Vikings	20	34	-14	-13,2951	0,4969
18	New Orleans Saints	10,77	1	Indianapolis Colts	Jacksonville Jaguars	14	12	2	14,6823	160,84
19	Tampa Bay Buccaneers	-5,5001	1	Oakland Raiders	San Diego Chargers	20	24	-4	-14,6496	113,41
20	Arizona Cardinals	-0,281	1	New England Patriots	Buffalo Bills	25	24	1	15,16782	200,73
21	Carolina Panthers	3,9197	2	Tennessee Titans	Houston Texans	31	34	-3	-2,46553	0,2857
22	Green Bay Packers	7,3713	2	Kansas City Chiefs	Oakland Raiders	10	13	-3	4,101831	50,436

Рис. 34.1. Данные для определения рейтингов команд НФЛ с помощью инструмента Поиск решения

По этой формуле прогноз для первой игры вычисляется путем сложения преимущества на домашнем поле с рейтингом команды хозяев и последующего вычитания рейтинга команды гостей. (Обратите внимание, что в строке 103 член  $\$B\$8$  исключен из формулы, т. к. в игре "New England—Tampa Bay" не было игры на домашнем поле, а значит, не было и преимущества.) Член ВПР(E5; \$B\$12: \$C\$43; 2; ЛОЖЬ) выполняет поиск рейтинга команды хозяев, а член ВПР(F5; \$B\$12: \$C\$43; 2; ЛОЖЬ) — рейтинга команды гостей. (Дополнительную информацию об использовании функций поиска см. в главе 2.) В столбце K вычисляется квадратичная ошибка (фактический счет – прогнозируемый счет)<sup>2</sup> для каждой игры. Квадратичная ошибка для первой игры вычисляется в ячейке K5 по формуле  $= (I5 - J5)^2$ . Выделите диапазон ячеек I5:K5, дважды щелкните кнопкой мыши и скопируйте формулу до строки 260.

Затем вычислите цель в ячейке K3 путем суммирования всех квадратичных ошибок по формуле  $=СУММ(J5:J260)$ .

### СОВЕТ

Формулу для большого столбца чисел можно создать следующим образом: введите часть формулы  $=СУММ($  и выделите первую ячейку в диапазоне, значения в котором требуется сложить. Затем нажмите клавиши  $\langle \text{Ctrl} \rangle + \langle \text{Shift} \rangle + \langle \downarrow \rangle$  для ввода диапазона от выделенной ячейки до нижней строки в столбце и добавьте закрывающую скобку.

Удобно считать средний рейтинг команд равным 0. Команда с положительным рейтингом играет лучше средней команды, а команда с отрицательным рейтингом —

хуже средней. Вычислите средний рейтинг команд в ячейке C10 по формуле =СРЗНАЧ(C12:C43).

Теперь можно заполнить диалоговое окно **Параметры поиска решения** (Solver Parameters), как показано на рис. 34.2.

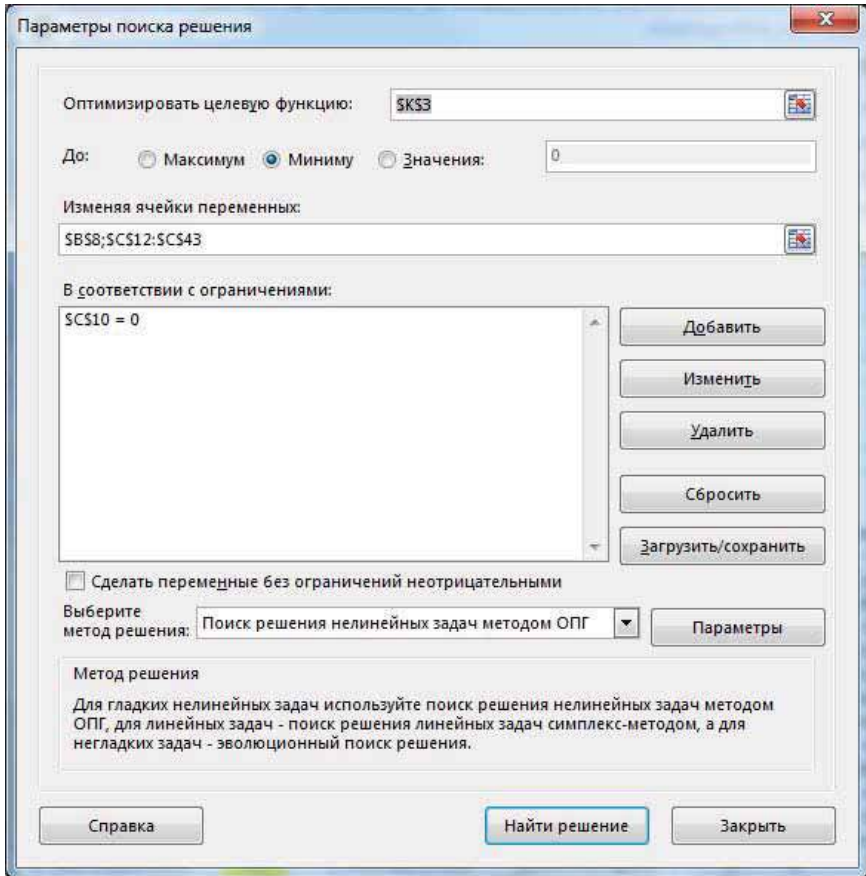


Рис. 34.2. Диалоговое окно **Параметры поиска решения** для определения рейтинга команд НФЛ

Сведите к минимуму сумму квадратичных ошибок прогнозирования по всем играм (вычисляемую в ячейке K3) путем изменения рейтингов команд (перечисленных в ячейках C12:C43) и преимущества в очках на домашнем поле (ячейка B8). Ограничение  $C10=0$  гарантирует, что средний рейтинг команд равен 0. Как показано на рис. 34.1, преимущество команды хозяев над командой гостей составляет 2,26 очка. На рис. 34.3 представлен список 15 команд с самым высоким рейтингом. Помните, что рейтинги в ячейках E3:E34 вычисляются при помощи инструмента **Поиск решения** (Solver). В файле шаблона можно начать с любых чисел в этих ячейках, и инструмент **Поиск решения** (Solver) выполнит поиск самых высоких рейтингов.

Согласно этим рейтингам команда Saints примерно на 5 очков превосходит команду Colts, таким образом, эта модель могла бы предсказать (до плей-офф), что команда Saints обыгрывает команду Colts на 5 очков.

	M	N
12	Команда	Рейтинг
13	New England Patriots	11,0695
14	New Orleans Saints	10,7697
15	New York Jets	8,56256
16	Baltimore Ravens	7,4648
17	Green Bay Packers	7,37132
18	Minnesota Vikings	7,16877
19	Dallas Cowboys	7,16853
20	San Diego Chargers	6,6428
21	Philadelphia Eagles	6,00733
22	Indianapolis Colts	5,91202
23	Atlanta Falcons	5,04647
24	Carolina Panthers	3,91973
25	Houston Texans	1,94614
26	Pittsburgh Steelers	1,68193
27	Miami Dolphins	1,66985

Рис. 34.3. 15 топ-команд НФЛ в сезоне 2009 г.

### Почему эта модель не является линейной моделью поиска решения?

Эта модель не является линейной, поскольку в целевой ячейке суммируются члены в виде (рейтинг команды хозяев + преимущество на домашнем поле – рейтинг команды гостей)<sup>2</sup>. Как было сказано раньше, в линейной модели поиска решения целевая ячейка должна быть создана путем сложения членов в виде (изменяемая ячейка) × (константа). В данном случае соотношение другое, поэтому модель не является линейной. Однако **Поиск решения** (Solver) действительно получает правильный ответ для любой модели определения спортивного рейтинга, в которой в целевой ячейке минимизируется сумма квадратичных ошибок. Обратите внимание, что для решения выбран метод ОПП (GRG), т. к. используется нелинейная модель, которая не включает нематематические функции, такие как функция ЕСЛИ. Флажок **Сделать переменные для ограничений неотрицательными** (Make Unconstrained Variables Non-Negative) не установлен, поскольку нулевое значение среднего рейтинга команд предполагает отрицательные рейтинги для некоторых команд.

#### ПРИМЕЧАНИЕ

Недавно я обнаружил, что метод ОПП работает не так эффективно при использовании автоматического масштабирования. Рекомендую открыть диалоговое окно **Параметры** (Options) и снять флажок **Использовать автоматическое масштабирование** (Use Automatic Scaling).

## Задание

1. Файлы Nfl0x.xlsx ( $x = 1, 2, 3, 4$ ) содержат результаты игр каждого регулярного сезона НФЛ 2001—2004 гг. Определите рейтинги команд в каждом сезоне. Какая команда в каждом сезоне согласно прогнозу должна получить Суперкубок?

2. Для сезона 2004 г. разработайте метод прогнозирования фактического счета в каждой игре. Подсказка: присвойте каждой команде рейтинг в нападении и рейтинг в защите. У какой команды было самое эффективное нападение? У какой команды была самая эффективная защита?
3. Истина или ложь? Команда НФЛ могла бы проиграть каждую игру и иметь рейтинг выше среднего.
4. Файл Nba01\_02.xlsx содержит результаты всех игр команд НБА в сезоне 2001—2002 гг. Определите рейтинги команд.
5. Файл Nba02\_03.xlsx содержит результаты всех игр команд НБА в регулярном сезоне 2002—2003 гг. Определите рейтинги команд.
6. Файл Worldball.xlsx содержит все результаты чемпионата мира по баскетболу 2006 г. Определите рейтинги команд. Какие три команды были лучшими?
7. Этот метод определения рейтингов команд отлично работает для футбола и баскетбола. Какие проблемы возникают при применении этих методов в хоккее или бейсболе?
8. Файл NFL2012data.xlsx содержит результаты всех игр команд НФЛ в регулярном сезоне 2012 г. Определите рейтинги команд. Несмотря на результат 10:6 для команды Colts, ее рейтинг значительно ниже среднего. Чем можно объяснить эту аномалию?

# Расположение складов по методу ОПГ с несколькими начальными точками и согласно эволюционному поиску решения

### Обсуждаемые вопросы

- ◆ Где в США транспортная интернет-компания должна расположить единственный склад для минимизации общего расстояния транспортировки пакетов?
- ◆ Где в США транспортная интернет-компания должна расположить два склада для минимизации общего расстояния транспортировки пакетов?

В Microsoft Excel 2013 инструмент **Поиск решения** (Solver) предоставляет несколько новых возможностей. В данной главе (а также *главах 36 и 37*) поясняется, как с помощью этих алгоритмов можно решить многие важные оптимизационные задачи.

## Метод ОПГ с несколькими начальными точками и эволюционный поиск решения

---

Как было отмечено в *главе 28*, **Поиск решения** (Solver) в Microsoft Excel 2013 решает оптимизационные задачи тремя методами: линейные задачи симплекс-методом, гладкие нелинейные задачи методом ОПГ и негладкие задачи эволюционным методом. В следующих разделах более подробно рассмотрено решение оптимизационных задач с помощью двух последних методов.

### Как **Поиск решения** применяется к линейным задачам?

Как было показано в *главах 28—33*, модель поиска решения является линейной, если все ссылки на изменяемые ячейки в целевой ячейке и ограничениях создаются путем сложения членов в виде (изменяемая\_ячейка) × (константа). Для линейных моделей всегда следует выбирать симплекс-метод, предназначенный для эффективного поиска решений в линейных моделях. **Поиск решения** (Solver) в Microsoft Excel 2013 может обрабатывать задачи, имеющие до 200 изменяемых ячеек и 100 ограничений. На веб-сайте Solver.com доступны версии инструмента **Поиск решения** (Solver), способные обрабатывать более крупные задачи.

## Как метод ОПГ применяется к нелинейным оптимизационным моделям?

Если целевая ячейка и/или ограничение содержат ссылки на изменяемые ячейки не в виде (изменяемая\_ячейка) × (константа), значит, модель является нелинейной. Пусть  $x$  и  $y$  — изменяемые ячейки, к нелинейной модели приводят следующие ссылки в целевой ячейке и/или каком-либо ограничении:

- ◆  $x^2$ ;
- ◆  $xy$ ;
- ◆  $\sin x$ ;
- ◆  $ex$ ;
- ◆  $xe^2y$ .

Если нелинейные формулы включают обычные математические операторы, такие как в предыдущих примерах, примененный к модели надлежащим образом метод ОПГ должен быстро приводить к оптимальному решению. Для иллюстрации работы метода ОПГ предположим, что необходимо найти максимум функции  $-x^2 + 4x + 2$ . Графическое представление этой функции дано на рис. 35.1.

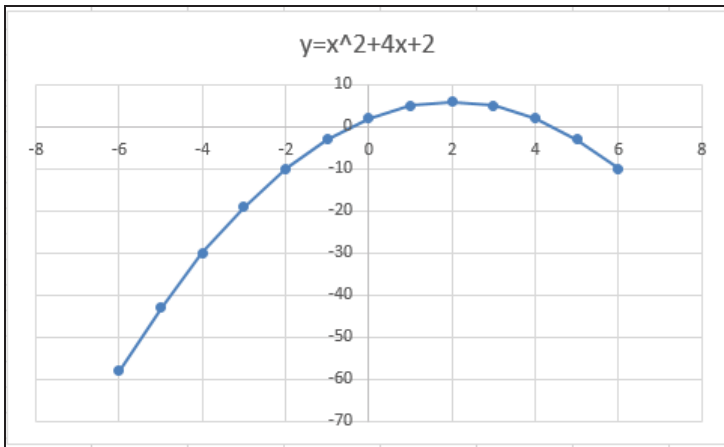


Рис. 35.1. Поиск максимума функции по методу ОПГ

Как видно из рисунка, эта функция имеет максимум при  $x = 2$ . Отметим, что при  $x = 2$  градиент функции равен 0. При решении задачи по этому методу выполняется поиск точки, в которой градиент функции равен 0. Аналогично, если требуется найти минимум функции  $y = x^2$ , то задача по методу ОПГ решается путем определения точки, где градиент равен 0 (при  $x = 0$ ) — рис. 35.2.

К сожалению, для многих функций невозможно найти максимум по точке, в которой градиент функции равен 0. Например, требуется найти максимум функции, представленной на рис. 35.3, для  $x$  от  $-5$  до  $+10$ .

Как видно из рисунка, у этой функции несколько максимумов. Если начать со значения  $x$ , близкого к 1, будет получено правильное решение задачи ( $x = 1$ ). Если на-

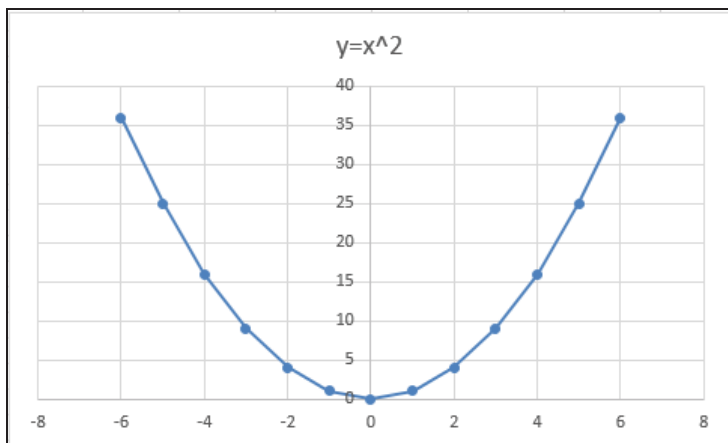


Рис. 35.2. Поиск минимума функции по методу ОПГ

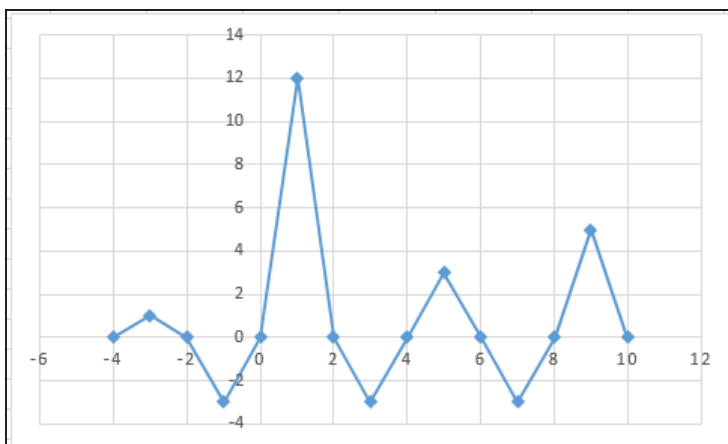


Рис. 35.3. Поиск максимума функции с несколькими максимумами

чать со значения, близкого к другому максимуму — скажем, к  $x = 5$  — будет найдено решение  $x = 5$ , которое не является правильным. Поскольку в большинстве задач (особенно в тех, где изменяемых ячеек несколько) хорошая начальная точка неизвестна, похоже, что именно это и является основным препятствием. К счастью, в Microsoft Excel 2013 имеется параметр **Несколько начальных точек** (Multistart). В окне **Параметры поиска решения** нажмите кнопку **Параметры** (Options) и на вкладке **Поиск решения нелинейных задач методом ОПГ** (GRG Nonlinear) установите флажок **Использовать несколько начальных точек** (Multistart). В этом случае оптимальное решение будет выбрано из нескольких решений, полученных для нескольких начальных точек. Как правило, такой подход решает проблему наличия нескольких экстремумов.

Кстати, поиск решения можно остановить, нажав клавишу <Esc>. Также запомните, что метод ОПГ с несколькими начальными точками работает эффективнее при выборе разумных верхних и нижних границ значений в изменяемых ячейках. (Например, не следует указывать, что значение в изменяемой ячейке  $\leq 100$  миллионов.)



С применением метода ОПГ также возникают проблемы, если в целевой ячейке и/или в ограничениях используются негладкие функции, такие как МАКС (MAX), МИН (MIN), ABS, ЕСЛИ (IF), СУММЕСЛИ (SUMIF), СЧЁТЕСЛИ (COUNTIF), СУММЕСЛИМН (SUMIFS), СЧЁТЕСЛИМН (COUNTIFS) и др., связанные с изменяемыми ячейками. Эти функции содержат точки, в которых не существует однозначно определенный градиент, поскольку в них происходит резкое изменение градиента. Например, предположим, что в оптимизационной задаче требуется смоделировать значение европейского колл-опциона с ценой исполнения 40 долларов. Этот опцион позволяет купить акцию за 40 долларов. Если цена акции равна  $s$  на дату истечения срока действия опциона, то стоимость колл-опциона может быть вычислена по формуле  $\text{=МАКС}(0; s-40)$  или  $\text{=ЕСЛИ}(s>40; s-40; 0)$ , представленной графически на рис. 35.4. Очевидно, что при  $s = 40$  функция стоимости опциона не имеет градиента, поэтому метод ОПГ не приведет к правильному результату.

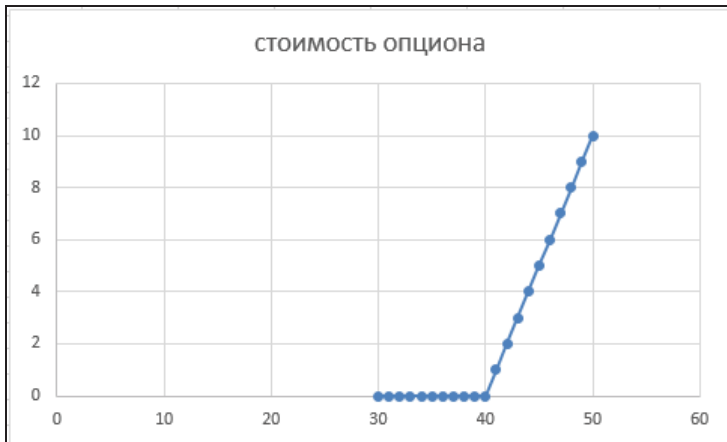


Рис. 35.4. Функция стоимости опциона не имеет градиента при цене акции 40 долларов

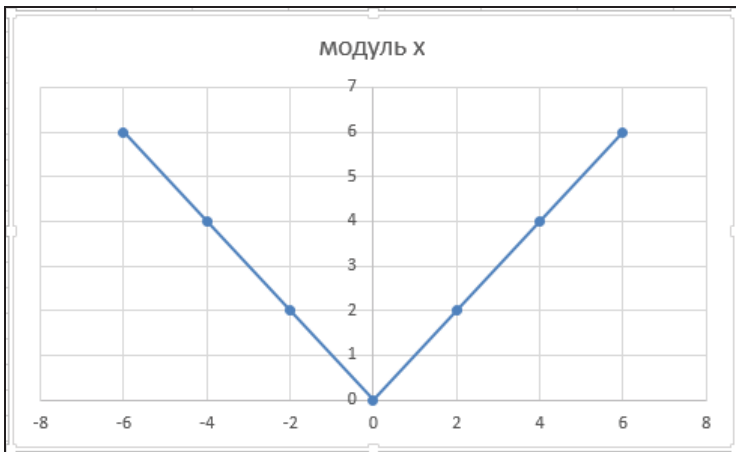


Рис. 35.5. Функция  $|x|$  не имеет градиента для  $x = 0$

Как показано на рис. 35.5, модели поиска решения, включающие функцию модуля (напомним, что модуль числа — это лишь расстояние от числа до точки 0), не имеют градиента для  $x = 0$ . В Excel модуль  $x$  возвращает функция  $\text{ABS}(x)$ .

Оптимизационные задачи, в которых целевая ячейка и/или любое ограничение не имеют градиента для какого-либо из значений в изменяемых ячейках, называются *негладкими* оптимизационными задачами. При решении задач такого типа методом ОПГ возникают трудности. В этих ситуациях следует выбрать **Эволюционный поиск решения** (Solver Evolutionary). В нелинейных моделях поиска решения допускается использовать 100 изменяемых ячеек и 100 ограничений.

## Как метод эволюционного поиска решения применяется к негладким оптимизационным задачам?

Эволюционный поиск решения в Microsoft Excel 2013 основан на генетических алгоритмах, разработанных Джоном Холландом (John Holland), профессором информатики в Мичиганском университете. Для применения метода эволюционного поиска решения сначала берется от 50 до 100 точек в области допустимых решений задачи (т. е. множество точек, удовлетворяющих ограничениям). Это множество точек называется *популяцией*. Затем для каждой точки вычисляется значение в целевой ячейке. Согласно принципу естественного отбора из теории эволюции точки в популяции следует заменять таким образом, чтобы повышалась вероятность размещения будущих членов популяции возле предыдущих членов популяции с подходящим значением в целевой ячейке. Поскольку этот подход основан на значениях в целевой ячейке, а не на градиентах, наличие нескольких экстремумов не доставляет проблем. Кроме того, функции, не имеющие градиента (так называемые негладкие функции), также становятся менее существенной проблемой. Метод эволюционного поиска решения (подобно методу ОПГ с несколькими начальными точками) работает эффективнее при выборе разумных верхних и нижних границ значений в изменяемых ячейках. Выбрав **Эволюционный поиск решения** (Evolutionary), нажмите кнопку **Параметры** (Options), откройте вкладку **Эволюционный поиск решения** (Evolutionary) и измените скорость изменения на 0,5. Кроме того, установите флажок **Обязательные границы для переменных** (Required Bounds On Variables) и увеличьте максимальное время без улучшения до 3600 секунд. Увеличение скорости изменения снижает вероятность того, что **Поиск решения** застопорится возле неподходящего решения. Увеличение максимального времени без улучшения до 3600 секунд позволит выполнять поиск решения до тех пор, пока значение в целевой ячейке будет изменяться на более приемлемое в течение 3600 секунд. Таким образом, **Поиск решения** может продолжать работать без ручного вмешательства.

Теперь применим инструмент **Поиск решения** (Solver) к двум интереснейшим задачам размещения складов.

## Ответы на вопросы в начале главы

В этом разделе приведены ответы на вопросы, перечисленные в начале главы.

Где в США транспортная интернет-компания должна расположить единственный склад для минимизации общего расстояния транспортировки пакетов?

Количество транспортировок (в тысячах), выполняемых каждый год в различные города, показано на рис. 35.6. (См. в файле Warehouseloc.xlsx. лист One warehouse.)

	B	C	D	E	F	G	H	I
2								
3					Широта	Долгота		Среднее
4				1	36,8134394	92,48190997		1125,827
5						Всего	252185,2	
6	Город	Широта	Долгота	Транспор-	Расстояние	Расстояние		
7	Нью-Йорк	40,7	73,9	15	1309,896864	19648,45296		
8	Бостон	42,3	71	8	1529,832552	12238,66042		
9	Филадельфия	40	75,1	10	1219,339455	12193,39455		
10	Шарлотт	35,2	80,8	6	813,7034207	4882,220524		
11	Атланта	33,8	84,4	11	595,1548425	6546,703268		
12	Новый Орлеан	30	89,9	8	502,7501919	4022,001535		
13	Майами	25,8	80,2	13	1138,272403	14797,54124		
14	Даллас	32,8	96,8	10	406,7700541	4067,700541		
15	Хьюстон	29,8	95,4	12	524,1438279	6289,725935		
16	Чикаго	41,8	87,7	14	476,7118546	6673,965965		
17	Детройт	42,4	83,1	11	753,4278501	8287,706352		
18	Кливленд	41,5	81,7	8	811,1930435	6489,544348		
19	Индианаполис	39,8	86,1	7	486,184787	3403,293509		
20	Денвер	39,8	104,9	8	881,2802099	7050,241679		
21	Миннеаполис	45	93,3	9	567,6861339	5109,175205		
22	Финикс	33,5	112,1	11	1372,819701	15101,01672		
23	Солт-Лейк-Сити	40,8	111,9	10	1367,79319	13677,9319		
24	Лос-Анджелес	34,1	118,4	18	1798,122186	32366,19935		
25	Сан-Франциско	37,8	122,6	12	2079,262822	24951,15386		
26	Южная Дакота	32,8	117,1	10	1721,073644	17210,73644		
27	Сиэтл	41,6	122,4	13	2090,601249	27177,81624		

Рис. 35.6. Данные к задаче с одним складом

Ключом к этой модели является формула приблизительного расстояния между двумя городами США, для которых указана широта и долгота: (широта<sub>1</sub>, долгота<sub>1</sub>) и (широта<sub>2</sub>, долгота<sub>2</sub>).

$$\text{Расстояние} = 69 \times \sqrt{(\text{широта}_1 - \text{широта}_2)^2 + (\text{долгота}_1 - \text{долгота}_2)^2}.$$

Сначала в ячейки F4:G4 введите пробные значения для широты и долготы склада. Затем скопируйте формулу =69\*КОРЕНЬ((C7-\$F\$4)^2+(D7-\$G\$4)^2) из ячейки F7 в ячейки F8:F27 для вычисления приблизительного расстояния от каждого города до склада. Далее скопируйте формулу =E7\*F7 из ячейки G7 в ячейки G8:G27 для вычисления рас-

стояния транспортировки пакетов в каждый город. В ячейке H5 по формуле  $=\text{СУММ}(G7:G27)$  вычисляется общее расстояние транспортировки всех пакетов. Цель — минимизировать значение в ячейке H5 путем изменения значений в ячейках F4:G4. После выбора для решения метода ОПГ диалоговое окно **Параметры поиска решения** должно выглядеть так, как на рис. 35.7.

Нажмите кнопку **Найти решение** (Solve). Оказывается, склад должен находиться в точке 36,81 градуса широты и 92,48 градуса долготы, что возле Спрингфилда, штат Миссури (см. рис. 35.6).

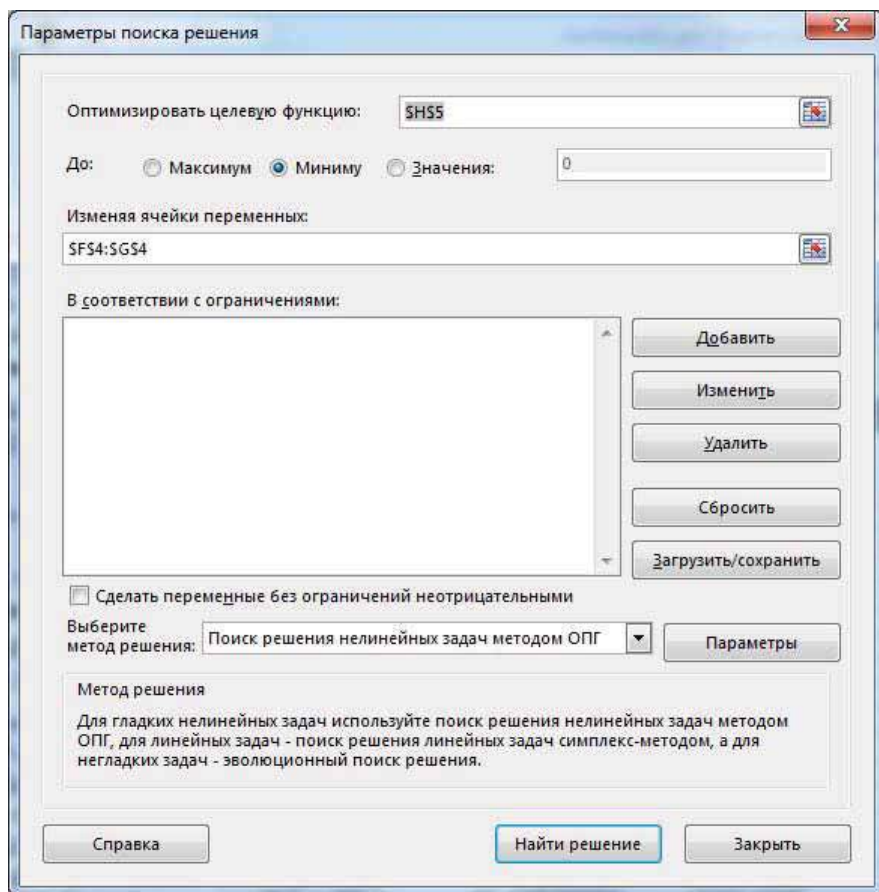


Рис. 35.7. Диалоговое окно Параметры поиска решения для задачи с одним складом

**Где в США транспортная интернет-компания должна расположить два склада для минимизации общего расстояния транспортировки пакетов?**

Результаты к решению этой задачи находятся в файле Warehouseloc.xlsx на листе Two warehouses (рис. 35.8).

Сначала введите в ячейки F4:G5 пробные значения широты и долготы для складов. Затем скопируйте формулу  $=69*\text{КОРЕНЬ}((C7-\$F\$4)^2+(D7-\$G\$4)^2)$  из ячейки F7 в ячейки F8:F27 для вычисления расстояния от каждого города до первого склада.

Расстояние от каждого города до второго склада рассчитайте по формуле  $=69*\text{КОРЕНЬ}((C7-\$F\$5)^2+(D7-\$G\$5)^2)$ , скопировав ее из ячейки G7 в ячейки G8:G27. Поскольку транспортировка в каждый город будет осуществляться с ближайшего склада, теперь вычислим расстояние от каждого города до ближайшего склада путем копирования формулы  $=\text{МИН}(F7;G7)$  из ячейки H7 в ячейки H8:H27. В ячейках I7:I27 вычисляется расстояние транспортировки всех пакетов для каждого города по формуле  $=H7*E7$ , скопированной из ячейки I7 в ячейки I8:I27. В ячейке I5 вычисляется общее расстояние транспортировки всех пакетов по формуле  $=\text{СУММ}(I7:I27)$ .

	B	C	D	E	F	G	H	I
2								Среднее
3					Широта	Долгота		501,811289
4				1	38,16405221	84,02896187		Всего
5				2	34,93189282	117,7916007		119676,4655
6	Город	Широта	Долгота	Транспортировки	Расстояние до склада 1	Расстояние до склада 2	Миним. расстояние	Расстояние транспортировки
7	Нью-Йорк	40,7	73,9	15	720,470034	3054,560464	720,470034	10807,05051
8	Бостон	42,3	71	8	943,2073149	3268,403272	943,2073149	7545,658519
9	Филадельфия	40	75,1	10	628,9873795	2966,405001	628,9873795	6289,873795
10	Шарлотт	35,2	80,8	6	302,4357472	2552,487488	302,4357472	1814,614483
11	Атланта	33,8	84,4	11	302,205987	2305,343778	302,205987	3324,265857
12	Новый Орлеан	30	89,9	8	693,8561134	1954,375466	693,8561134	5550,848907
13	Майами	25,8	80,2	13	893,0922879	2669,256693	893,0922879	11610,19974
14	Даллас	32,8	96,8	10	955,7744684	1455,871006	955,7744684	9557,744684
15	Хьюстон	29,8	95,4	12	973,9952541	1585,078997	973,9952541	11687,94305
16	Чикаго	41,8	87,7	14	356,514642	2129,715297	356,514642	4991,204988
17	Детроит	42,4	83,1	11	299,2263885	2448,556933	299,2263885	3291,490274
18	Кливленд	41,5	81,7	8	280,7258114	2531,222162	280,7258114	2245,806491
19	Индианаполис	39,8	86,1	7	182,1067275	2212,368579	182,1067275	1274,747093
20	Дервер	39,8	104,9	8	1444,518844	950,8286036	950,8286036	7606,628829
21	Миннеаполис	45	93,3	9	794,7959322	1827,139397	794,7959322	7153,163389
22	Финикс	33,5	112,1	11	1963,455063	404,9579124	404,9579124	4454,537037
23	Солт-Лейк-Сити	40,8	111,9	10	1931,683297	573,7616195	573,7616195	5737,616195
24	Лос-Анджелес	34,1	118,4	18	2388,122578	71,113375	71,113375	1280,04075
25	Сан-Франциско	37,8	122,6	12	2661,520174	386,3183155	386,3183155	4635,819785
26	Южная Дакота	32,8	117,1	10	2311,723075	154,6474352	154,6474352	1546,474352
27	Сиэтл	41,6	122,4	13	2658,19516	559,2874468	559,2874468	7270,736808

Рис. 35.8. Модель для размещения двух складов

Теперь все готово для поиска оптимального расположения складов. Диалоговое окно **Параметры поиска решения** (Solver Parameters) показано на рис. 35.9.

Начем с выбора метода ОПГ, затем используем заведомо неподходящее решение с размещением обоих складов в точке с нулевым значением широты и долготы. Это решение не подходит по двум причинам: оба склада оказываются в Африке и к тому же в одном и том же месте. Нажмите кнопку **Найти решение** (Solver). В полученном решении оба склада рекомендуется разместить в одном месте. Безусловно, это субоптимальное решение. Проблема имеет два аспекта: функция **МИН** не имеет градиента, и, возможно, что цель как функция четырех изменяемых ячеек имеет несколько максимумов и минимумов. Если цель имеет несколько экстремумов (в четырех измерениях), возможно, что неподходящее начальное решение находит-

ся не возле самого низкого минимума, который действительно является оптимальным решением. Если предполагается, что у функции существует несколько экстремумов, рекомендуется применять метод ОПГ с несколькими начальными точками, для каждой из которых выполняется поиск решения и выбирается наиболее удачное решение. Как правило, самое удачное решение из удачных решений будет оптимальным решением задачи. При использовании нескольких начальных точек необходимо установить верхние и нижние границы для изменяемых ячеек. Для границ изменения широты можно выбрать 0 и 90 градусов. Эти значения гарантируют, что склад будет находиться севернее экватора. Для границ изменения долготы выберите значения 0 и 150, что гарантирует размещение склада к западу от Гринвича, Англия, и к востоку от Анкориджа, штат Аляска.

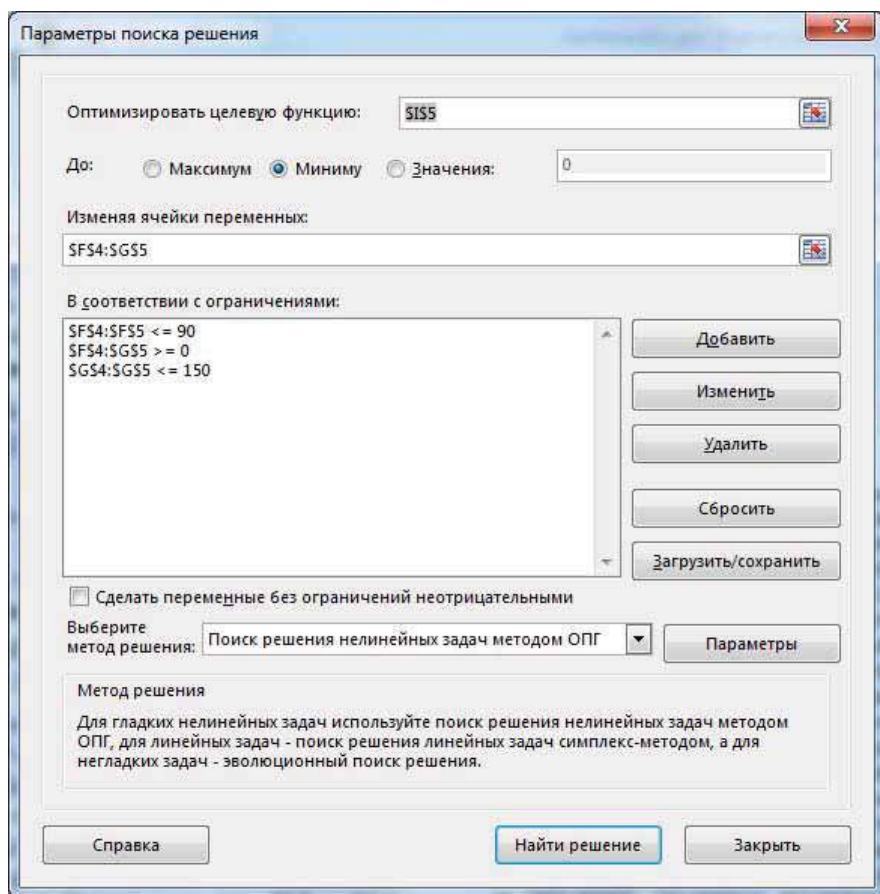


Рис. 35.9. Поиск решения для размещения двух складов

После запуска решения по методу ОПГ с несколькими начальными точками будут получены следующие результаты: общее расстояние составило 119 676 миль, а среднее расстояние транспортировки одного пакета — 502 мили. Расположение складов показано в ячейках F4:G5 на рис. 35.8. Первый склад расположен возле Лексингтона, штат Кентукки, второй — возле Ланкастера, штат Калифорния.

Для подтверждения оптимальности решения запустите эволюционный поиск решения. В оптимальное решение не будет внесено никаких изменений.

Предположим, что для верхней границы долготы установлено значение 110 градусов. После запуска поиска решения окажется, что рекомендуемое значение долготы находится вблизи 110 градусов. Если для изменяемой ячейки установлены границы и при поиске решения в изменяемой ячейке оказывается значение, близкое к какой-либо границе, необходимо расширить соответствующую границу.

## Задания

1. Найдите оптимальное решение для задачи размещения трех складов.
2. Предположим, что необходимо расположить единственную комнату отдыха на минимальном возможном расстоянии от всех рабочих мест сотрудников компании. Сотрудники работают на заводе в четырех зонах (табл. 35.1).

Таблица 35.1

X	Y	Количество служащих
5	20	6
50	50	12
25	75	23
80	30	15

Предположим, что сотрудники по дороге в комнату отдыха и обратно всегда идут в направлении "север — юг" или "восток — запад". Где должна быть расположена комната отдыха? Выполните это задание для двух комнат отдыха.

# Штрафы и эволюционный поиск решения

### Обсуждаемые вопросы

- ◆ Что является ключом к успешному использованию эволюционного поиска решения?
- ◆ Каким образом с помощью эволюционного поиска решения можно распределить 80 сотрудников финансового отдела Microsoft по четырем рабочим группам?

### Ответы на вопросы в начале главы

---

В этом разделе приведены ответы на вопросы, перечисленные в начале главы.

#### Что является ключом к успешному использованию эволюционного поиска решения?

Как было указано ранее, **Эволюционный поиск решения** (Evolutionary Solver) предназначен для поиска решений оптимизационных задач, в которых целевая ячейка и/или изменяемые ячейки связаны с негладкими функциями, такими как ЕСЛИ (IF), ABS, МАКС (MAX), МИН (MIN), СЧЁТЕСЛИ (COUNTIF), СЧЁТЕСЛИМН (COUNTIFS), СУММЕСЛИ (SUMIF), СУММЕСЛИМН (SUMIFS), СРЗНАЧЕСЛИ (AVERAGEIF) и СРЗНАЧЕСЛИМН (AVERAGEIFS). Перед решением задачи с помощью эволюционного поиска необходимо выполнить некоторые действия в диалоговом окне **Параметры поиска решения** (Solver Parameters).

- ◆ Нажмите кнопку **Параметры** (Options), перейдите на вкладку **Эволюционный поиск решения** (Evolutionary) и увеличьте **Скорость изменения** (Mutation Rate) до 0,50. Увеличение скорости изменения позволит при поиске решения совершать резкие переходы в множестве возможных решений и избежать тем самым зависания в той части множества возможных решений, которая не содержит подходящего решения для модели поиска решения.
- ◆ Измените значение параметра **Максимальное время без улучшения** (Maximum Time Without Improvement) на 3600 секунд. Увеличение максимального времени без улучшения гарантирует, что Microsoft Excel будет выполнять поиск решения еще в течение 3600 секунд без ручного вмешательства. Остановить поиск решения можно в любой момент, нажав клавишу <Esc>.
- ◆ Установите разумные верхние и нижние границы для значений в изменяемых ячейках. Установка границ для изменяемых ячеек уменьшает размер области, в которой выполнится поиск оптимального решения. Это может значительно ускорить процесс продвижения к оптимальному решению. Пользователь имеет



возможность изменить значения и других параметров эволюционного поиска решения, но оказалось, что **Скорость изменения** (Mutation Rate) и **Максимальное время без улучшения** (Maximum Time Without Improvement) — единственные параметры, существенно влияющие на процесс решения.

Все в жизни имеет обратную сторону, и **Эволюционный поиск решения** — не исключение. Преимуществом эволюционного поиска решения является правильная обработка негладких функций. К минусам следует отнести недостаточно четкую обработку ограничений, которые не являются линейными функциями изменяемых ячеек. При обработке большинства ограничений в эволюционном поиске решения необходимо на целевую ячейку штраф, определяющий отрицательный характер нарушения ограничения. Тогда естественный отбор положит конец нарушению любого ограничения. Применение штрафов при эволюционном поиске решения рассмотрено в ответе на следующий вопрос.

**Каким образом с помощью эволюционного поиска решения можно распределить 80 сотрудников финансового отдела Microsoft по четырем рабочим группам?**

Требуется распределить 80 сотрудников по четырем рабочим группам. Руководитель каждой рабочей группы оценил квалификацию каждого сотрудника по шкале от 0 до 10 (10 означает наивысшую квалификацию). Каждый сотрудник оценил свою удовлетворенность назначением в каждую из групп (снова по шкале от 0 до 10). Например, первому сотруднику присвоен рейтинг 9 руководителем первой рабочей группы, и первый сотрудник оценил работу в четвертой рабочей группе в 7 баллов.

Результаты решения этой задачи представлены в файле Assign.xlsx (рис. 36.1). В каждую группу можно распределить от 18 до 22 сотрудников. Считается, что квалификация в два раза важнее удовлетворенности сотрудника назначением. Каким образом следует распределить сотрудников по рабочим группам с учетом максимальной общей удовлетворенности (руководителей и сотрудников) и с учетом обеспечения каждой группы требуемым числом сотрудников?

Введите пробное распределение сотрудников по рабочим группам в ячейки A3:A82. Приемлемым начальным решением является, например, назначение всех сотрудников в первую группу. Скопируйте формулу =ГПР(A3;Квал;В3+1) из ячейки K3 в ячейки K3:K82 для просмотра соответствия квалификации каждого сотрудника назначенной рабочей группе. Обратите внимание, что Квал — это имя диапазона C2:F82. Затем скопируйте формулу =ГПР(A3;Удовл;В3+1) из ячейки L3 в ячейки L3:L82 для просмотра удовлетворенности сотрудников назначением в группу. Удовл — это имя диапазона G2:J82.

Для обеспечения требуемого числа сотрудников (от 18 до 22 в каждой группе) необходимо подсчитать число сотрудников, назначенных в каждую группу. Для этого скопируйте формулу =СЧЁТЕСЛИ(\$A\$3:\$A\$82;M6) из ячейки N6 в ячейки N7:N9. Затем определите, достаточно ли сотрудников в группе, скопировав формулу =ЕСЛИ(ИЛИ(N6<18;N6>22);1;0) из ячейки O6 в ячейки O7:O9.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
2	Группа	Сотрудник	1	2	3	4	1	2	3	4	Квал	Удовл			
3	4	1	9	8	6	8	1	2	6	7	8	7			
4	1	2	10	0	5	6	9	6	7	4	10	9			
5	3	3	5	8	10	5	1	7	7	3	10	7	Группа	Кол-во	штраф
6	1	4	4	0	5	2	9	1	0	3	4	9	1	19	0
7	2	5	9	10	4	5	9	8	8	3	10	8	2	18	0
8	3	6	5	2	7	3	2	8	1	5	7	1	3	22	0
9	1	7	8	3	1	2	1	8	2	2	8	1	4	21	0
10	3	8	2	2	9	2	8	3	1	6	9	1	Общий	штраф	0
11	1	9	8	7	6	3	4	3	4	1	8	4			
12	4	10	7	0	1	8	4	1	5	4	8	4		Всего	1651
13	3	11	8	1	6	6	2	0	9	3	6	9			
14	2	12	0	7	1	2	5	2	1	1	7	2			
15	1	13	9	0	5	4	3	0	7	8	9	3			
16	4	14	9	2	2	7	1	1	2	10	7	10			
17	3	15	1	3	8	4	9	8	6	8	8	6			
18	1	16	9	6	4	5	5	7	8	8	9	5			
19	1	17	8	0	5	0	5	7	2	4	8	5			
20	2	18	6	7	6	3	2	4	1	6	7	4			
21	3	19	3	4	5	4	8	7	6	6	5	6			

Рис. 36.1. Данные для задачи распределения сотрудников

Теперь рассмотрим вычисление значения цели. В ячейках K1:L1 вычисляется общая квалификация и общая удовлетворенность назначением путем копирования формулы =СУММ(K3:K82) из ячейки K1 в ячейку L1. Для обеспечения требуемого количества сотрудников в каждой группе (от 18 до 22) можно наложить штраф на целевую ячейку. Выберите штраф 1000 баллов для каждой группы, в которой меньше 18 или больше 22 сотрудников. Четких правил для определения соответствующего штрафа не существует. В данной ситуации средний рейтинг равен 5. В результате в целевой ячейке будет получено значение  $2 \times 400 + 400 = 1200$ . Таким образом, вполне вероятно, что неправильное число сотрудников в любой группе существенно отразится на значении в целевой ячейке, и естественный отбор забракует любое решение, при котором в группе слишком мало или слишком много сотрудников. Подходящий штраф не должен быть слишком большим (100 000), поскольку в этом случае **Поиск решения** (Solver) может проигнорировать реальный результат. Если штраф слишком мал, **Поиск решения** (Solver) не достигнет цели.

Вычислите в ячейке O10 число рабочих групп с неправильным количеством сотрудников по формуле =СУММ(O6:O9). Наконец, можно вычислить целевое значение в ячейке O12 путем сложения удвоенных баллов за квалификацию и баллов удовлетворенности назначением и вычитания штрафа в 1000 баллов за каждую группу с неправильным числом сотрудников. Цель вычисляется по формуле  $=2 * K1 + L - 1000 * O10$ .

Теперь можно создать модель поиска решения задачи. Для решения необходим эволюционный поиск, поскольку функции СЧЁТЕСЛИ и ЕСЛИ в изменяемых ячейках являются негладкими. Модель представлена на рис. 36.2.

Выполняется поиск максимума для взвешенной суммы квалификации сотрудников и удовлетворенности назначением за вычетом штрафа за неправильное число сотрудников в группе (ячейка O12), и распределение сотрудников ограничивается значениями 1, 2, 3 или 4. Решение показано на рис. 36.1. В каждую группу распределе-

но правильное количество сотрудников; средняя квалификация сотрудника равна 7,2 балла, а средняя удовлетворенность сотрудника назначением — 6,3 балла. До распределения средняя квалификация всех 80 сотрудников составляла 4,4 балла, а средняя удовлетворенность — 5 баллов, так что по сравнению со случайным распределением условия работы существенно улучшились.

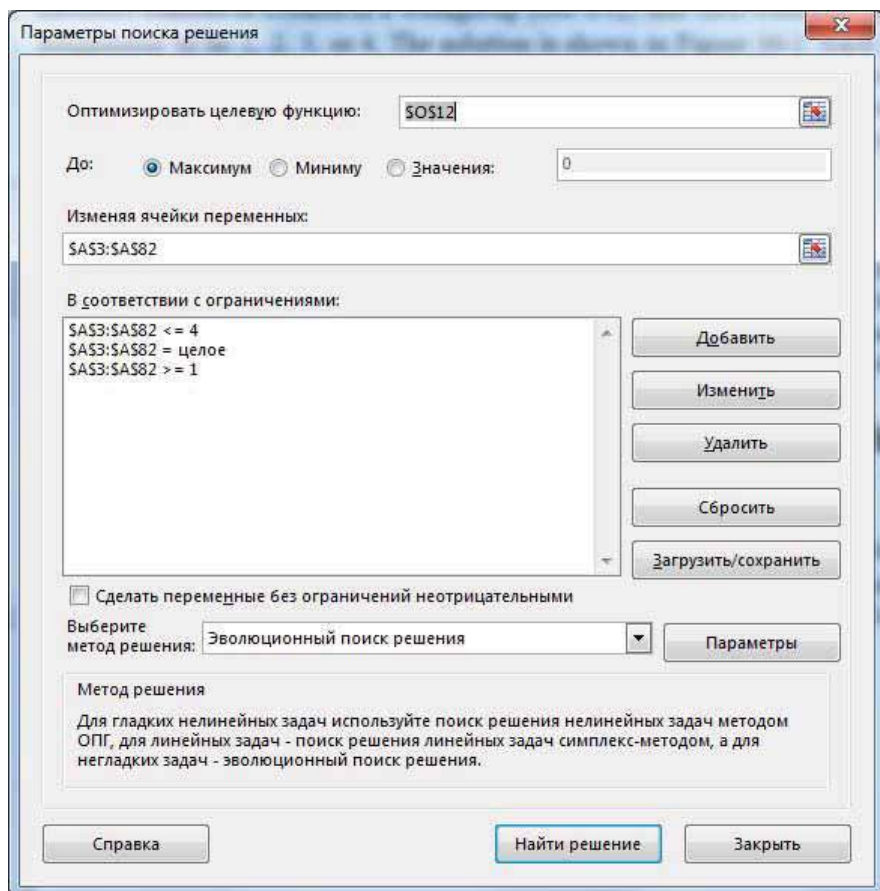


Рис. 36.2. Модель поиска решения для задачи распределения сотрудников по группам

Если для поиска решения применить метод ОПГ (даже с несколькими начальными точками), оптимальное решение не будет найдено, поскольку модель включает негладкие функции. Еще один совет по применению эволюционного поиска решения: выбирайте как можно меньше изменяемых ячеек, и на поиск оптимального решения будет затрачено намного меньше времени.

## Условное форматирование для выделения рейтинга каждого сотрудника

С помощью условного форматирования можно выделить желтым цветом для каждого сотрудника фактическую квалификацию и удовлетворенность назначением (на

основе распределения по группам). Начиная с ячейки  $C3$ , выделите диапазон ячеек  $C3:J82$ . На вкладке **ГЛАВНАЯ** (HOME) из списка **Условное форматирование** (Conditional Formatting) выберите **Создать правило** (New Rule), затем выберите **Использовать формулу для определения форматируемых ячеек** (Use A Formula To Determine Which Cells To Format) и заполните данным диалоговое окно, как показано на рис. 36.3.

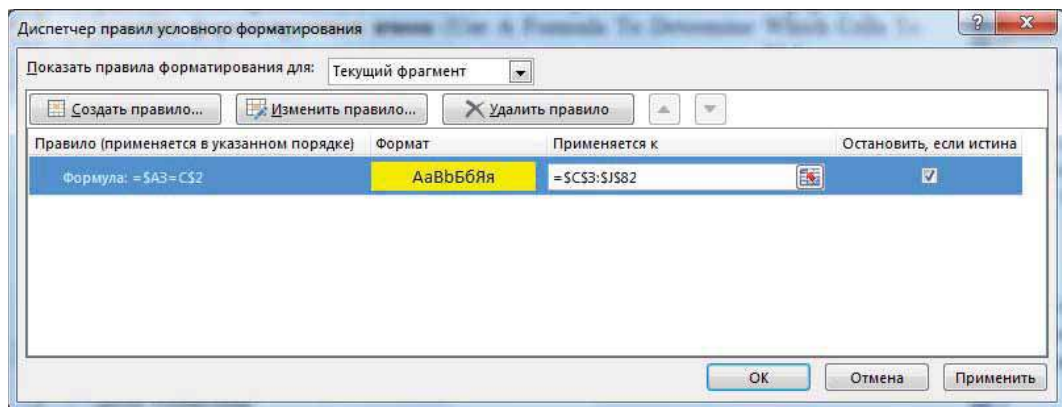


Рис. 36.3. Условное форматирование для выделения квалификации и удовлетворенности сотрудников работой

По этой формуле форматирование желтым цветом применяется к ячейке  $C3$  тогда и только тогда, когда первый сотрудник распределен в первую группу. Эта формула автоматически копируется во весь диапазон ячеек, и для каждого сотрудника желтым цветом выделяются только ячейки с оценками квалификации и удовлетворенности назначением, соответствующие рабочей группе, в которую распределен этот сотрудник.

## Задания

1. Выполните задание 4 в главе 32 с помощью эволюционного поиска решения.
2. Решите задачу с двумя складами из главы 35 при условии, что каждый склад может отгрузить не более 120 000 единиц продукции.
3. В вымышленном штате Politicians Care about U.S. имеется восемь избирательных округов для выбора в Конгресс. Каждый из 15 городов должен быть отнесен к одному из избирательных округов, и в каждом округе должно быть от 150 000 до 250 000 избирателей. Состав каждого избирательного округа приведен в табл. 36.1. Распределите города по избирательным округам, обеспечив победу демократической партии в максимальном количестве округов.
4. Решите пример с распределением сотрудников при условии, что удовлетворенность сотрудника работой в два раза важнее, чем оценки руководителей.

Таблица 36.1

Город	Республиканцы	Демократы
1	80	34
2	43	61
3	40	44
4	20	24
5	40	114
6	40	64
7	70	34
8	50	44
9	70	54
10	70	64
11	80	45
12	40	50
13	50	60
14	60	65
15	50	70

5. Компания Cook County General пытается составить расписание работы для 20 медсестер. Каждая медсестра должна работать четыре дня подряд в соответствии с каким-либо расписанием из табл. 36.2.

Таблица 36.2

Расписание	Дни работы
1	Понедельник—четверг
2	Вторник—пятница
3	Среда—суббота
4	Четверг—воскресенье
5	Пятница—понедельник
6	Суббота—вторник
7	Воскресенье—среда

Каждая медсестра в течение недели назначается на работу или в отделение интенсивной терапии, или в обычную палату. Удовлетворение каждой медсестры своим назначением приведено в файле Nursejackiedata.xlsx. Например, если

пятая медсестра назначена на работу в отделение интенсивной терапии, она дает оценку 10 расписанию № 3.

Каждый день отделению интенсивной терапии требуется шесть медсестер, а в палаты пациентов — пять медсестер. Составьте расписание, максимально удовлетворяющее медсестер и соответствующее требованиям больницы.

Необходимо узнать, какие расписания удовлетворяют запросы медсестер для различных дней недели. Например, медсестры, приступающие к работе в понедельник, пятницу, субботу и в воскресенье, будут работать в понедельник.



# Задача коммивояжера

### Обсуждаемые вопросы

- ◆ Как с помощью Excel решать задачи упорядочения?
- ◆ Как с помощью Excel решить задачу коммивояжера?

### Ответы на вопросы

---

В этом разделе приведены ответы на вопросы в начале главы.

#### Как с помощью Excel решать задачи упорядочения?

Многие бизнес-задачи связаны с выбором оптимальной последовательности. Вот два примера.

- ◆ В каком порядке типография должна работать над десятью заказами для минимизации общего времени задержки сроков выполнения? Задачи такого типа называются задачами календарного планирования.
- ◆ Продавец живет в Бостоне и собирается посетить 10 других городов перед возвращением домой. В какой очередности он должен посещать города для максимального сокращения общего расстояния путешествия? Это пример классической задачи коммивояжера.

А вот два примера задачи коммивояжера.

- ◆ Водитель курьерской службы должен сделать сегодня 20 доставок. В какой последовательности он должен доставлять пакеты, чтобы свести к минимуму время, затраченное на дорогу?
- ◆ Робот должен просверлить 10 отверстий для получения одной печатной платы. В каком порядке следует сверлить отверстия для минимизации общего времени, необходимого для производства печатной платы?

В Microsoft Excel 2013 решение задач выбора последовательности с помощью инструмента **Поиск решения** (Solver) не вызывает затруднений. Просто выберите **Эволюционный поиск решения** (Evolutionary Solver), выделите изменяемые ячейки и определите ограничения с параметром **Все разные** (All Different). Формирование ограничений с помощью параметра **Все разные** (All Different) гарантирует, что при наличии 10 изменяемых ячеек им автоматически будут присвоены значения 1, 2, ..., 10, и каждое значение будет встречаться только один раз. Как правило, если значения в выделенном диапазоне из  $n$  изменяемых ячеек должны быть разными,



Excel обеспечит присвоение каждого из значений 1, 2, ...,  $n$  только одной изменяемой ячейке. Рассмотрим, как этим можно воспользоваться при решении задачи коммивояжера.

### Как с помощью Excel решить задачу коммивояжера?

Решите следующую задачу.

Коммивояжер Вилли Лоумэн живет в Бостоне. Ему необходимо посетить каждый из городов в списке на рис. 37.1 и затем вернуться в Бостон. В какой очередности Вилли должен посещать города для максимального сокращения общего расстояния путешествия? Результаты работы представлены в файле tsp.xlsx.

	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
3			Бостон	Чикаго	Даллас	Денвер	Лос-Анджелес	Майами	Нью-Йорк	Финикс	Питтсбург	Сан-Франциско	Сиэтл
4	1	Бостон	0	983	1815	1991	3036	1539	213	2664	792	2385	2612
5	2	Чикаго	983	0	1205	1050	2112	1390	840	1729	457	2212	2052
6	3	Даллас	1815	1205	0	801	1425	1332	1604	1027	1237	1765	2404
7	4	Денвер	1991	1050	801	0	1174	1332	1780	836	1411	1765	1373
8	5	Лос-Анджелес	3036	2112	1425	1174	0	2757	2825	398	2456	403	1909
9	6	Майами	1539	1390	1332	1332	2757	0	1258	2359	1250	3097	3389
10	7	Нью-Йорк	213	840	1604	1780	2825	1258	0	2442	386	3036	2900
11	8	Финикс	2664	1729	1027	836	398	2359	2442	0	2073	800	1482
12	9	Питтсбург	792	457	1237	1411	2456	1250	386	2073	0	2653	2517
13	10	Сан-Франциско	2385	2212	1765	1765	403	3097	3036	800	2653	0	817
14	11	Сиэтл	2612	2052	2404	1373	1909	3389	2900	1482	2517	817	0
15		Очередность	Расстояние	Город									
16	1	8	398	Финикс									
17	2	3	1027	Даллас									
18	3	6	1332	Майами									
19	4	1	1539	Бостон									
20	5	7	213	Нью-Йорк									
21	6	9	386	Питтсбург									
22	7	2	457	Чикаго									
23	8	4	1050	Денвер									
24	9	11	1373	Сиэтл									
25	10	10	817	Сан-Франциско									
26	11	5	403	Лос-Анджелес									
27		Всего	8995										

Рис. 37.1. Данные для задачи коммивояжера

Следует отметить, что при моделировании этой задачи на листе любая последовательность или перестановка чисел от 1 до 11 представляет собой очередность посещения городов. Например, последовательность 2-4-6-8-10-1-3-5-7-9-11 можно рассматривать как путешествие из Бостона (город 1) в Даллас (город 3), в Лос-Анджелес (город 5) и, наконец, в Сан-Франциско (город 10) перед возвращением в Бостон. Поскольку последовательность рассматривается из местоположения города 1, у Вилли имеется  $10! = 10 \cdot 9 \cdot 8 \cdot 7 \cdot 6 \cdot \dots \cdot 2 \cdot 1 = 3\,628\,800$  возможных вариантов очередности посещения городов.

Сначала необходимо определить общее расстояние для любой заданной очередности посещения городов. В данной ситуации идеально подойдет функция ИНДЕКС (INDEX). Как было показано в главе 3, эта функция имеет синтаксис ИНДЕКС(массив; номер\_строки; номер\_столбца). Функция ИНДЕКС выполняет просмотр диапазона ячеек и возвращает запись с указанным номером строки и номером столбца. В данном случае функция ИНДЕКС должна выполнять поиск расстояния при посещении городов.

Начнем с ввода последовательности целых чисел от 1 до 11 в диапазон F16:F26. Затем присвоим диапазону G4:Q14 имя `distances` и введем формулу `=ИНДЕКС(distances;F26;F16)` в ячейку G16. Эта формула определяет расстояние между последним городом списка (в ячейке F26) и первым городом списка (в ячейке F16). Введите формулу `=ИНДЕКС(Distances;F16;F17)` в ячейку G17 и скопируйте ее в диапазон G18:G26. Эта формула вычисляет расстояние между первым и вторым городами списка, между вторым и третьим городами и т. д. Теперь можно вычислить целевое значение (общее расстояние) в ячейке G27 по формуле `=СУММ(G16:G26)`.

Настал момент обратиться к эволюционному поиску решения. Укажите **Минимум** (Minimize) для целевой функции в ячейке G27, нажмите кнопку **Добавить** (Add Constraint) и выберите диапазон F16:F26. Выберите в среднем списке **раз** (Dif) для **Все разные** (All Different). В этом случае изменяемым ячейкам будут присвоены значения 1, 2, ..., 11, и каждое значение будет встречаться только один раз. Соответствующее диалоговое окно **Параметры поиска решения** (Solver Parameters) показано на рис. 37.2. Перед выполнением поиска увеличьте **Скорость изменения** до 0,5.

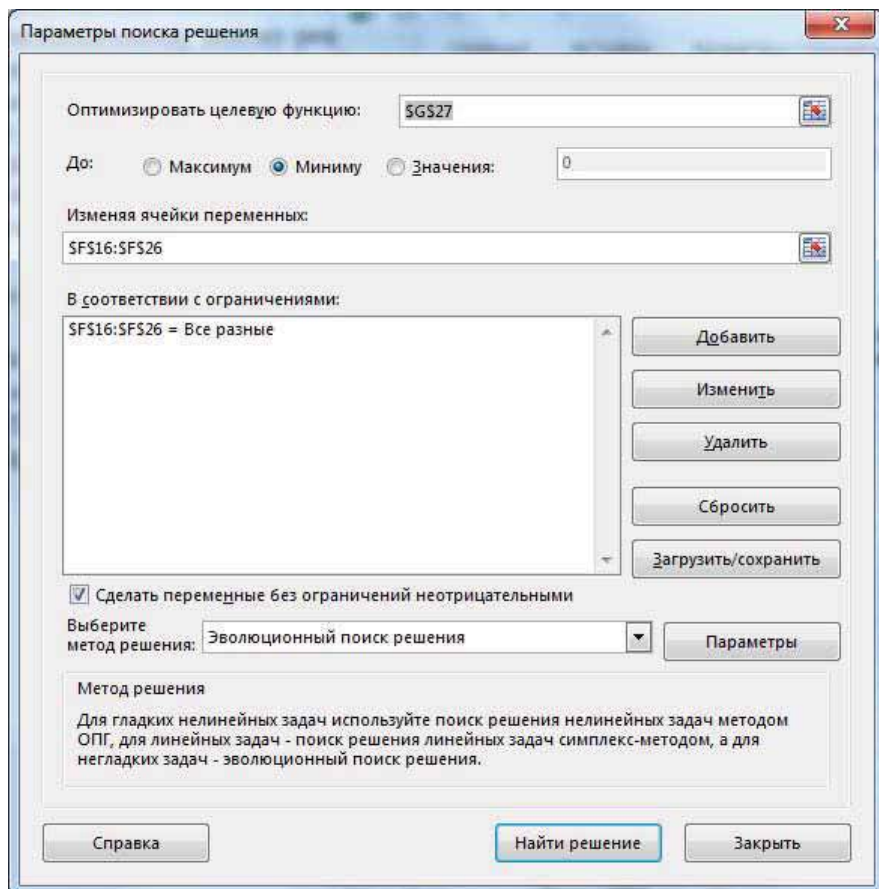


Рис. 37.2. Диалоговое окно **Параметры поиска решения** для задачи коммивояжера

Минимальное возможное расстояние составляет 8995 миль. Для просмотра очередности посещения городов начните со строки, в которой указано значение 1 (соответствующее родному городу Вилли — Бостону), и следуйте в указанном порядке номеров. Очередность посещения городов: Бостон—Нью-Йорк—Питтсбург—Чикаго—Денвер—Сизтл—Сан-Франциско—Лос-Анджелес—Финикс—Даллас—Майами—Бостон. Многие другие последовательности посещения городов также дают в результате минимальное общее расстояние 8995 миль.

## Задания

1. Небольшому ателье требуется запланировать выполнение шести заказов. Сроки исполнения и время, необходимое для выполнения каждого заказа, приведены в табл. 37.1. В каком порядке следует запланировать выполнение заказов для сведения к минимуму общего времени запаздывания?

Таблица 37.1

Заказ	Время выполнения	Срок исполнения в днях (с сегодняшнего дня)
1	9	32
2	7	29
3	8	22
4	18	21
5	9	37
6	6	28

2. В файле Nbamiles.xlsx указаны расстояния между всеми спортивными аренами НБА. Предположим, что вы живете в Нью-Йорке и собираетесь посетить каждую арену по одному разу и вернуться в Нью-Йорк. В какой очередности вы должны посещать города для сведения к минимуму общего расстояния путешествия?
3. Теперь предположим, что вы живете в Атланте и берете в поездку по спортивным аренам НБА 29 генеральных управляющих. Каждый генеральный управляющий должен вернуться в свой родной город. При посещении каждой спортивной арены вы оставляете соответствующего генерального управляющего на его домашней арене. В какой последовательности необходимо посещать арены для минимизации общего расстояния путешествия менеджеров?
4. Предположим, что в задаче с Вилли Лоумэнном необходимо сразу после Денвера посетить Нью-Йорк. Каково решение этой задачи?

# Импорт данных из текстового файла или документа

### Обсуждаемый вопрос

- ◆ Каким образом можно импортировать данные из текстового файла в Excel для анализа?

Джефф Сагарин (Jeff Sagarin), создатель баскетбольного и футбольного рейтингов на сайте USA Today, и я разработали систему оценки игроков НБА, используемую в нескольких командах НБА, включая Dallas Mavericks и New York Knicks. Каждый день в течение всего сезона программа Джеффа, написанная на языке программирования FORTRAN, обрабатывает и производит массу информации, в том числе рейтинги для каждого состава команды Dallas Maverick для каждой игры. Программа Джеффа производит эту информацию в форме текстового файла. В этой главе показано, как можно импортировать текстовый файл в Microsoft Excel для анализа данных.

### Ответ на вопрос

---

В этом разделе приведен ответ на вопрос в начале главы.

#### Каким образом можно импортировать данные из текстового файла в Excel для анализа?

Часто поступившие данные необходимо импортировать из документа Microsoft Word или текстового файла (файла с расширением txt) в Excel для анализа. Перед импортом в Excel документ Microsoft Word необходимо сохранить в виде текстового файла. Затем текстовый файл можно импортировать с помощью инструмента **Мастер текстов (импорт)** (Text Import Wizard). Этот инструмент позволяет распределить данные из текстового файла по столбцам на основе одного из двух подходов.

- ◆ При выборе варианта **фиксированной ширины** (Delimited) разбивка данных на столбцы происходит в Excel автоматически. Условия разбиения могут быть легко изменены.
- ◆ При выборе варианта **с разделителями** (Fixed width) необходимо указать знак-разделитель (обычно это запятая, пробел или знак "плюс"). В этом случае данные разбиваются на столбцы в соответствии с выбранными знаками-разделителями.

Например, в файле Lineupsch38.docx содержатся данные (образец данных приведен в следующем абзаце) об отрезках времени, сыгранных каждым составом команды Далласа в нескольких играх сезона 2002—2003 гг. В файле также хранятся рейтинги составов. Например, в первых двух строках указано, что против команды из Сакраменто состав, в который входили игроки Bell, Finley, LaFrentz, Nash и Nowitzki, находился на площадке 9,05 мин и сыграл на уровне  $-19,79$  очка (в пересчете на 48 мин), хуже, чем в среднем по составам НБА.

```
Bell Finley LaFrentz Nash Nowitzki - 19.79 695# 9.05m SAC DAL* Finley Nash Nowitzki Van
Exel Williams - 11.63 695# 8.86m SAC DAL* Finley LaFrentz Nash Nowitzki Van Exel 102.98
695# 4.44m SAC DAL* Bradley Finley Nash Nowitzki Van Exel - 44.26 695# 4.38m SAC DAL*
Bradley Nash Nowitzki Van Exel Williams 9.71 695# 3.05m SAC DAL* Bell Finley LaFrentz
Nowitzki Van Exel - 121.50 695# 2.73m SAC DAL* Bell LaFrentz Nowitzki Van Exel Williams
39.35 695# 2.70m SAC DAL* Bradley Finley Nowitzki Van Exel Williams 86.87 695# 2.45m SAC
DAL* Bradley Nash Van Exel Williams Rigaudeau - 54.55 695# 2.32m SAC DAL*
```

Данные о составах необходимо импортировать в Excel с размещением в отдельных столбцах следующей информации:

- ◆ имя каждого игрока;
- ◆ число минут, сыгранных составом игроков;
- ◆ рейтинг состава игроков.

Имя игрока Van Exel (полное имя Nick Van Exel) вызывает проблему. Если для разбивки по столбцам выбрать вариант со знаком-разделителем "пробел", то имя Van Exel займет два столбца. Числовые данные для составов команд, включающих игрока Van Exel, и для составов, не включающих игрока Van Exel, будут помещены в разные столбцы. Для решения этой проблемы замените в Word с помощью команды **Заменить** каждое вхождение текстовой строки Van Exel на Exel. Теперь, при разбивке в Excel данных по столбцам с помощью знака-разделителя "пробел" для имени Exel потребуется только один столбец. Первые несколько строк данных теперь выглядят следующим образом:

```
Bell Finley LaFrentz Nash Nowitzki - 19.79 695# 9.05m SAC DAL* Finley Nash Nowitzki Exel
Williams - 11.63 695# 8.86m SAC DAL* Finley LaFrentz Nash Nowitzki Exel 102.98 69 5#
4.44m SAC DAL* Bradley Finley Nash Nowitzki Exel - 44.26 695# 4.38m SAC DAL* Bradley
Nash Nowitzki Exel Williams 9.71 69 5# 3.05m SAC DAL* Bell Finley LaFrentz Nowitzki Exel
- 121.50 695# 2.73m SAC DAL* Bell LaFrentz Nowitzki Exel Williams 39.35 69 5# 2.70m SAC
DAL* Bradley Finley Nowitzki Exel Williams 86.87 69 5# 2.45m SAC DAL* Bradley Nash Exel
Williams Rigaudeau - 54.55 695# 2.32m SAC DAL*
```

Безусловно, такой подход обречен на неудачу, если имеется какой-либо другой игрок с фамилией Exel. В таком случае имя Van Exel следует заменить на Exel1.

Успешный импорт данных из файла Word или из текстового файла в Excel возможен при использовании инструмента **Мастер текстов (импорт)** (Text Import Wizard). Как упоминалось ранее, сначала необходимо сохранить файл Word (Lineupsch38.docx в данном примере) как текстовый файл. Для этого откройте файл в программе Microsoft Word, перейдите на вкладку **ФАЙЛ** (FILE), выберите команду **Сохранить как** (Save As) и затем в списке **Тип файла** (Save As Type) выберите **Обычный текст** (Plain Text). В диалоговом окне **Преобразование файла** (File

Conversion) установите переключатель в положение **Windows (по умолчанию)** Windows (Default) и затем нажмите кнопку **ОК**. Файл должен быть сохранен с именем Lineupsch38.txt. Закройте документ Word.

В Excel откройте файл Lineupsch38.txt. Для просмотра текстовых файлов в окне **Открытие документа (Open)** необходимо в раскрывающемся списке (справа от поля **Имя файла (File name)**) изменить тип файла на **Текстовые файлы (Text Files)**. После открытия файла появится диалоговое окно **Мастер текстов (импорт) - шаг 1 из 3 (Text Import Wizard - Step 1 of 3)** — рис. 38.1.

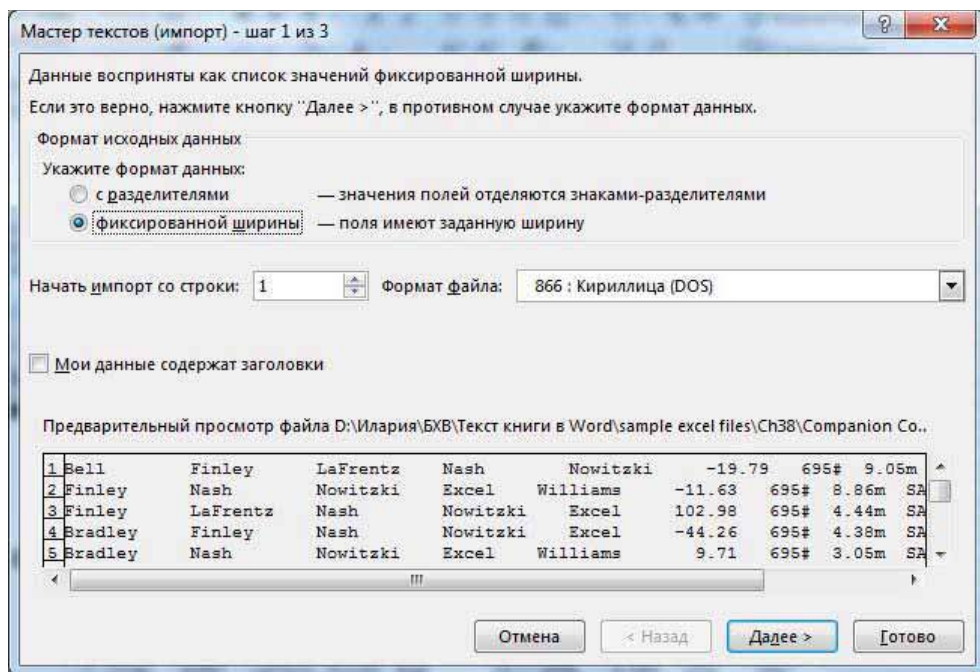


Рис. 38.1. Диалоговое окно **Мастер текстов (импорт) - шаг 1 из 3**

Очевидно, что в данном случае следует выбрать формат данных **с разделителями (Delimited)** и разбить данные в соответствии с пробелами. Однако предположим, что выбран формат **фиксированной ширины (Fixed Width)**. Появится диалоговое окно **Мастер текстов (импорт) - шаг 2 из 3 (Text Import Wizard - Step 2 of 3)**, показанное на рис. 38.2. Как видно из рисунка, точку разрыва можно вставить, удалить и переместить. Для многих операций импорта данных изменение положения точек разрыва выполняется наугад.

Если на шаге 1 выбрать формат данных **с разделителями (Delimited)**, появится диалоговое окно **Мастер текстов (импорт) - шаг 2 из 3 (Text Import Wizard - Step 2 of 3)**, показанное на рис. 38.3. Символ табуляции выбирается по умолчанию, и рекомендуется этот флажок не снимать, поскольку в противном случае многие надстройки Excel не будут работать должным образом. Установите в качестве символа-разделителя **пробел (Space)**. Установка флажка **Считать последовательные**

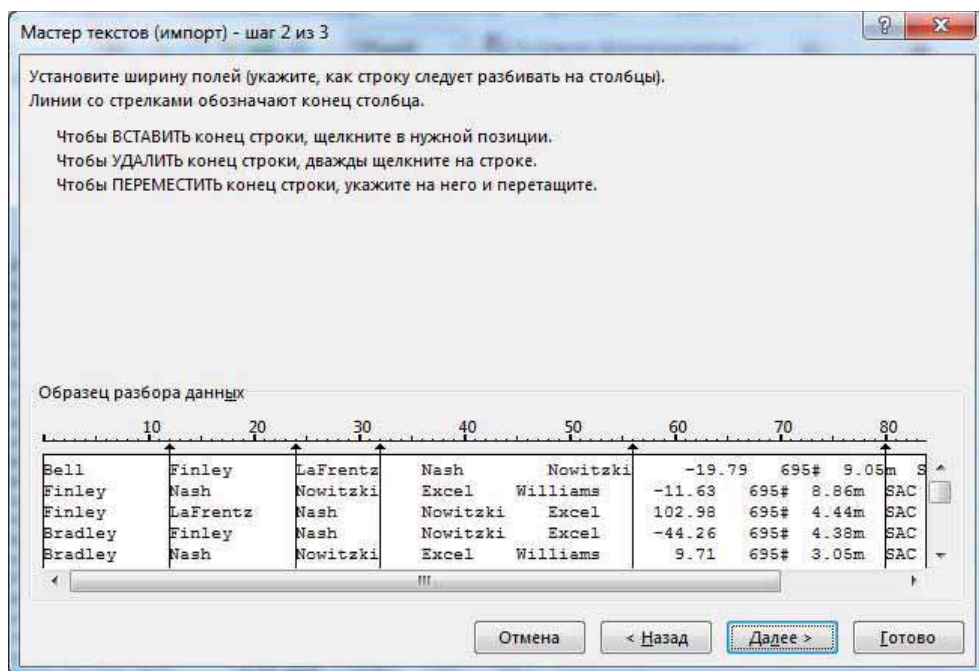


Рис. 38.2. Диалоговое окно **Мастер текстов (импорт) - шаг 2 из 3** после выбора формата фиксированной ширины

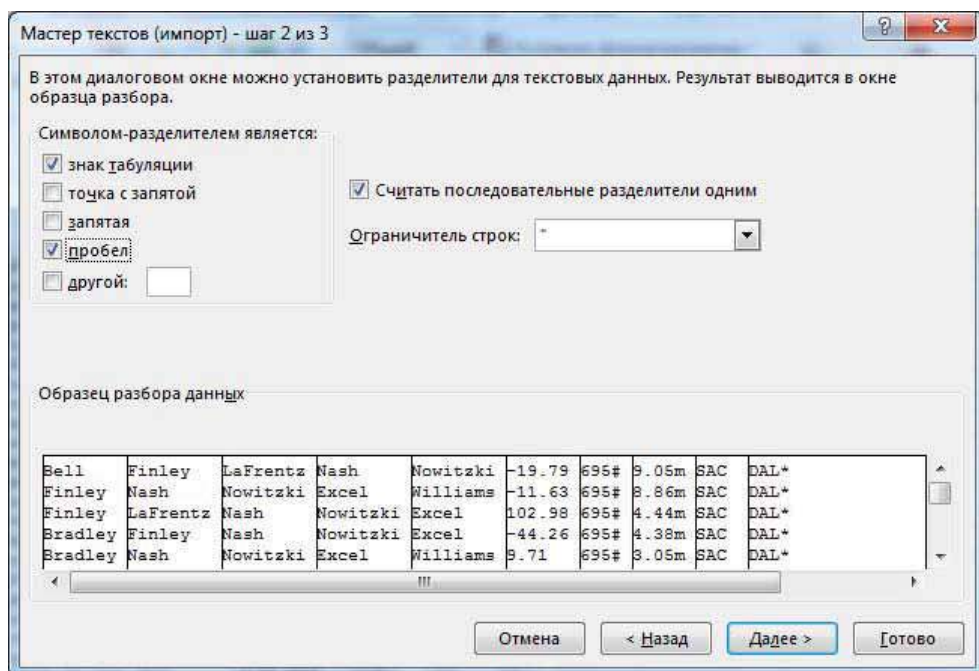


Рис. 38.3. Диалоговое окно **Мастер текстов (импорт) - шаг 2 из 3** после выбора формата с разделителями

**разделители одним** (Treat consecutive delimiters as one) гарантирует, что для последовательности пробелов будет выбрана единственная точка разрыва.

После нажатия кнопки **Далее** (Next) появится диалоговое окно **Мастер текстов (импорт) - шаг 3 из 3** (Text Import Wizard - Step 3 of 3), показанное на рис. 38.4. В нем можно выбрать формат для выделенного столбца. Формат **общий** (General) позволяет обрабатывать цифровые данные как числа, а остальные значения как текст.

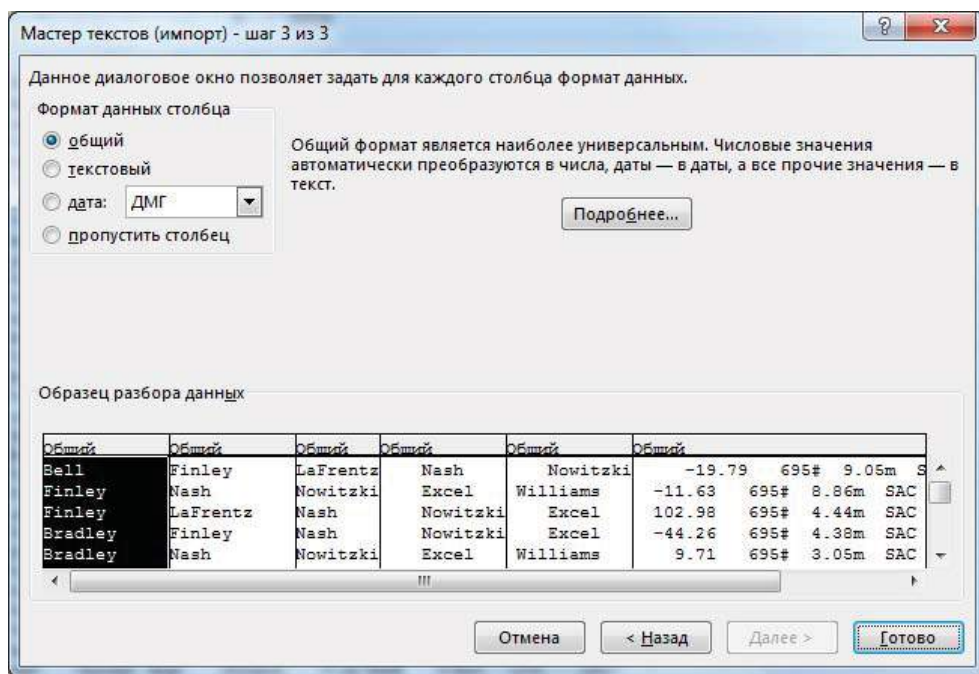


Рис. 38.4. Диалоговое окно **Мастер текстов (импорт) - шаг 3 из 3**, в котором можно выбрать формат для импортируемых данных

После нажатия кнопки **Готово** (Finish) мастер импортирует данные в Excel, как показано на рис. 38.5.

Каждый игрок указан в отдельном столбце (столбцы А—Е); столбец F содержит рейтинг каждого состава команд, в столбце G указан номер игры, в столбце H — число минут, проведенных на площадке каждым составом, и в столбцах I и J указаны две команды, принимавшие участие в игре. Безусловно, при необходимости для восстановления правильного имени игрока в данных можно заменить имя Excel на Van Excel.

После сохранения файла как книги Excel (с расширением *xlsx*) для анализа игры составов команды из Далласа можно задействовать все аналитические возможности Excel. Например, можно вычислить средние характеристики игры команды, когда Дирк Новицки (Dirk Nowitzki) находился на площадке и на скамейке запасных.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Bell	Finley	LaFrentz	Nash	Nowitzki	-19,79	695#	9.05m	SAC	DAL*
2	Finley	Nash	Nowitzki	Exel	Williams	-11,63	695#	8.86m	SAC	DAL*
3	Finley	LaFrentz	Nash	Nowitzki	Exel	102,98	695#	4.44m	SAC	DAL*
4	Bradley	Finley	Nash	Nowitzki	Exel	-44,26	695#	4.38m	SAC	DAL*
5	Bradley	Nash	Nowitzki	Exel	Williams	9,71	695#	3.05m	SAC	DAL*
6	Bell	Finley	LaFrentz	Nowitzki	Exel	-121,5	695#	2.73m	SAC	DAL*
7	Bell	LaFrentz	Nowitzki	Exel	Williams	39,35	695#	2.70m	SAC	DAL*
8	Bradley	Finley	Nowitzki	Exel	Williams	86,87	695#	2.45m	SAC	DAL*
9	Bradley	Nash	Exel	Williams	Rigaudea	-54,55	695#	2.32m	SAC	DAL*
10	Finley	LaFrentz	Exel	Williams	Rigaudea	-26,4	695#	1.73m	SAC	DAL*
11	Bradley	Finley	Nash	Nowitzki	Williams	91,89	695#	1.70m	SAC	DAL*
12	Bell	Finley	Nash	Nowitzki	Exel	34,18	695#	1.05m	SAC	DAL*
13	LaFrentz	Nash	Nowitzki	Exel	Williams	-50,9	695#	1.02m	SAC	DAL*
14	Bell	Bradley	Finley	Nash	Nowitzki	1,42	695#	1.00m	SAC	DAL*
15	Bradley	Finley	Exel	Williams	Rigaudea	46,75	695#	0.93m	SAC	DAL*
16	Bell	Bradley	Nowitzki	Exel	Williams	-314,43	695#	0.60m	SAC	DAL*

Рис. 38.5. Файл Excel с информацией по составам команд

## Задания

1. В файле Kingslineups.docx хранятся данные об игре некоторых составов команды Sacramento Kings. Импортируйте данные в Excel.
2. В примере, рассмотренном в данной главе, время игры каждого состава (в столбце H) заканчивается символом m. Измените в файле время, проведенное каждым составом на площадке, на числовое значение.

# Импорт данных из сети Интернет

### Обсуждаемый вопрос

♦ Каким образом можно загрузить спортивную статистику в Excel?

Как известно, Всемирная паутина содержит данные почти обо всем. Однако проанализировать данные непосредственно в Интернете невозможно. Сначала их следует импортировать в Microsoft Excel; это нетрудно при условии, что данные определены в таблице HTML. В книге Excel на вкладке **ДАННЫЕ** (DATA) в группе **Получение внешних данных** (Get External Data) выберите **Из Интернета** (From Web). Когда откроется диалоговое окно **Создание веб-запроса** (New Web Query), вставьте URL-адрес веб-страницы в поле **Адрес** и нажмите кнопку **Пуск** (Go). Веб-страница появится в режиме предварительного просмотра, в котором можно выбрать таблицы HTML для импорта. Как можно реализовать эту простую процедуру, показано в ответе на вопрос, обсуждаемый в данной главе.

### Ответ на вопрос

---

В этом разделе приведен ответ на вопрос в начале главы.

#### Каким образом можно загрузить спортивную статистику в Excel?

URL-адрес <http://www.pro-football-reference.com/players/M/MannPe00/gamelog/> позволяет перейти к статистическим протоколам игр Национальной футбольной лиги США для квотербека Пейтона Мэннинга (Peyton Manning). Часть этих данных, импортированных в Excel, показана на рис. 39.1. Результаты работы с примером находятся в файле Peyton.xlsx.

Для импорта данных в Excel скопируйте URL-адрес и откройте пустой лист книги Excel. Затем на вкладке **ДАННЫЕ** (DATA) в группе **Получение внешних данных** (Get External Data) выберите **Из Интернета** (From Web). Когда откроется диалоговое окно **Создание веб-запроса** (New Web Query), нажмите клавиши <Ctrl>+<V> для вставки URL-адреса в поле адреса и затем нажмите кнопку **Пуск** (Go). В диалоговом окне **Создание веб-запроса** (New Web Query) появятся данные, показанные на рис. 39.2. Если произошла ошибка сценария, нажмите кнопку **Нет** (No). Это позволит закрыть предупреждение и остановить выполнение сценариев, что не повлияет на процесс импорта.

Нажмите стрелку, указывающую на данные, которые требуется загрузить (выберите для импорта статистику Мэннинга в регулярном сезоне), затем нажмите кнопку

	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
236	Date	Age	Tm	Opp	Result	GS	Cmp	Att	Cmp%	Yds	TD	Int	Rate	Y/A	AY/A	Att	Yds	Y/A	TD	
237	09.09.2012	36-169	DEN	PIT	W 31-19	*	19	26	73,08%	253	2	0	129,2	9,73	11,27		4	3	0,75	0
238	17.09.2012	36-177	DEN @	ATL	L 21-27	*	24	37	64,86%	241	1	3	58,5	6,51	3,41		1	-1	-1	0
239	23.09.2012	36-183	DEN	HOU	L 25-31	*	26	52	50,00%	330	2	0	83	6,35	7,12		0	0	0	0
240	30.09.2012	36-190	DEN	OAK	W 37-6	*	30	38	78,95%	338	3	0	130	8,89	10,47		1	-1	-1	0
241	07.10.2012	36-197	DEN @	NWE	L 21-31	*	31	44	70,45%	337	3	0	115,4	7,66	9,02		2	9	4,5	0
242	15.10.2012	36-205	DEN @	SDG	W 35-24	*	24	30	80,00%	309	3	1	129	10,3	10,8		3	-3	-1	0
243	28.10.2012	36-218	DEN	NOR	W 34-14	*	22	30	73,33%	305	3	0	138,9	10,17	12,17		1	4	4	0
244	04.11.2012	36-225	DEN @	CIN	W 31-23	*	27	35	77,14%	291	3	2	105,8	8,31	7,46		2	-2	-1	0
245	11.11.2012	36-232	DEN @	CAR	W 36-14	*	27	38	71,05%	301	1	0	103,1	7,92	8,45		3	4	1,33	0
246	18.11.2012	36-239	DEN	SDG	W 30-23	*	25	42	59,52%	270	3	1	92,4	6,43	6,79		0	0	0	0
247	25.11.2012	36-246	DEN @	KAN	W 17-9	*	22	37	59,46%	285	2	1	90,5	7,7	7,57		1	1	1	0
248	02.12.2012	36-253	DEN	TAM	W 31-23	*	27	38	71,05%	242	3	1	103,2	6,37	6,76		2	-5	-2,5	0
249	06.12.2012	36-257	DEN @	OAK	W 26-13	*	26	36	72,22%	310	1	1	95,8	8,61	7,92		3	-3	-1	0
250	16.12.2012	36-267	DEN @	BAL	W 34-17	*	17	28	60,71%	204	1	0	94,9	7,29	8		0	0	0	0
251	23.12.2012	36-274	DEN	CLE	W 34-12	*	30	43	69,77%	339	3	1	106,6	7,88	8,23		0	0	0	0
252	30.12.2012	36-281	DEN	KAN	W 38-3	*	23	29	79,31%	304	3	0	144,8	10,48	12,55		0	0	0	0
253							Passing										Rushing			
254	Date	Age	Tm	Opp	Result	GS	Cmp	Att	Cmp%	Yds	TD	Int	Rate	Y/A	AY/A	Att	Yds	Y/A	TD	
255	05.09.2013	37-165	DEN	BAL	W 49-27	*	27	42	64,29%	462	7	0	141,1	11	14,33		2	-2	-1	0
256	225 Games						5109	7835	65,21%	59949	443	209	96	7,65	7,58		371	726	1,96	17

Рис. 39.1. Игровая статистика квотербека Пейтона Мэннинга

Создание веб-запроса

Адрес: <http://www.pro-football-reference.com/players/M/MannPe00/gamelog>

Щелкните значки  таблиц, которые нужно выбрать, и нажмите кнопку "Импорт".

Peyton Manning >>  College  Gamelogs [+]  
 Splits [+]  
 Penalties [+]  
 TD's  TD's Thrown  C'backs &

## Peyton Manning Career Game Log

Output includes all games from 1960 to 2014.

Career Game Log: [Regular Season](#) · [Playoffs](#)

**Regular Season** Age is Years-Days · [Glossary](#) · [SHARE](#) · [Embed](#) · [CSV](#) · [PRE](#) · [LINK](#) · ?

Rk	Year	G#	Date	Age	Tm	Opp	Result	GS	Passing										
									Cmp	Att	Cmp%	Yds	TD	Int	Rate				
1	1998	1	<a href="#">1998-09-06</a>	22-166	<a href="#">IND</a>	<a href="#">MIA</a>	L 15-24	*	21	37	56.76%	302	1	3	58.6				
2	1998	2	<a href="#">1998-09-13</a>	22-173	<a href="#">IND @</a>	<a href="#">NWE</a>	L 6-29	*	21	33	63.64%	188	1	3	51.1				
3	1998	3	<a href="#">1998-09-20</a>	22-180	<a href="#">IND @</a>	<a href="#">NYJ</a>	L 6-44	*	20	44	45.45%	193	0	2	39.3				
4	1998	4	<a href="#">1998-09-27</a>	22-187	<a href="#">IND</a>	<a href="#">NOR</a>	L 13-19	*	19	32	59.38%	309	1	3	63.2				
5	1998	5	<a href="#">1998-10-04</a>	22-194	<a href="#">IND</a>	<a href="#">SDG</a>	W 17-12	*	12	23	52.17%	137	1	1	66.8				
6	1998	6	<a href="#">1998-10-11</a>	22-201	<a href="#">IND</a>	<a href="#">BUF</a>	L 24-31	*	20	41	48.78%	235	2	2	62.6				
7	1998	7	<a href="#">1998-10-18</a>	22-208	<a href="#">IND @</a>	<a href="#">SFO</a>	L 31-34	*	18	30	60.00%	231	3	0	117.5				
8	1998	8	<a href="#">1998-11-01</a>	22-222	<a href="#">IND</a>	<a href="#">NWE</a>	L 16-21	*	30	52	57.69%	278	2	2	69.2				

Рис. 39.2. Диалоговое окно Создание веб-запроса после перехода по URL-адресу

**Импорт** (Import). (Каждая стрелка на веб-странице соответствует таблице HTML.) В данном случае следует нажать стрелку над **Rk**. Стрелка изменится на "галочку". После нажатия кнопки **Импорт** (Import) появится диалоговое окно **Импорт данных** (Import Data), в котором можно указать, куда требуется поместить данные. Выберите для этого примера ячейку B2 текущего листа. После нажатия кнопки **OK** рейтинги аналитиков будут импортированы на текущий лист (см. рис. 39.1). Обратите внимание, что числа и метки распределены по отдельным ячейкам. Если щелкнуть правой кнопкой мыши в пределах результатов запроса и выбрать в контекстном меню команду **Обновить** (Refresh), Excel автоматически выйдет в сеть и импортирует самые последние данные. Таким образом, если обновлять данные каждый вторник в течение сезона НФЛ, на лист будет добавляться статистика Мэннинга по самым последним играм.

При необходимости можно изменить настройки обновления запроса. Для этого просто щелкните правой кнопкой мыши в пределах результатов запроса, выберите в контекстном меню команду **Свойства диапазона данных** (Data Range Properties) и измените настройки в области **Обновление экрана** (Refresh Control). Как показано на рис. 39.3, для запроса указано автоматическое обновление при открытии файла.

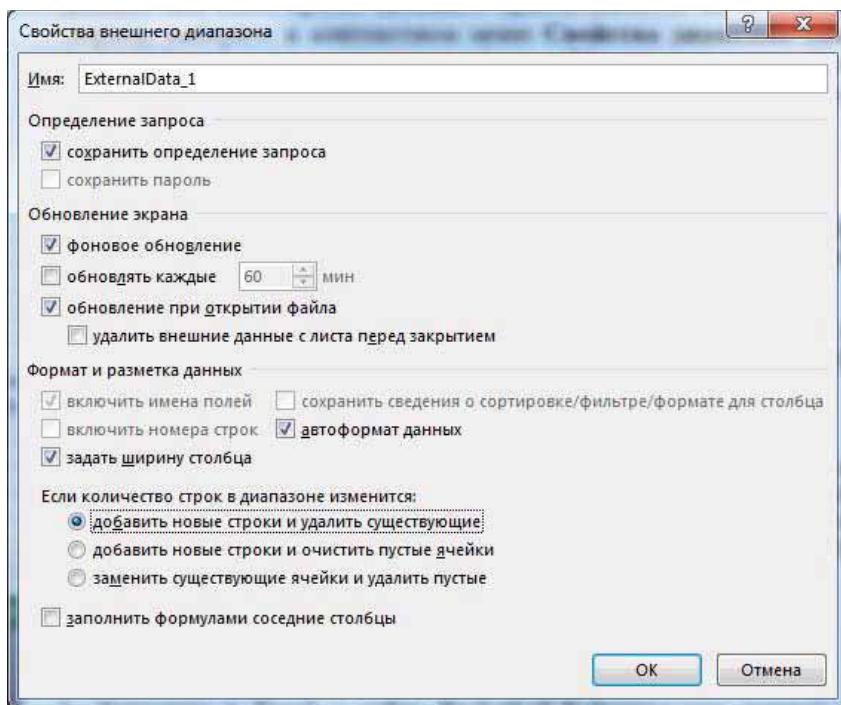


Рис. 39.3. Настройки обновления веб-запроса

Для изменения запроса щелкните правой кнопкой мыши в пределах результатов запроса и в контекстном меню выберите команду **Изменить запрос** (Edit Query). Нажав кнопку **Параметры** (Options), показанную в правом верхнем углу на рис. 39.2, можно изменить форматирование результатов запроса.

При использовании Internet Explorer можно также создать веб-запрос из таблицы HTML, щелкнув правой кнопкой мыши внутри таблицы и выбрав в контекстном меню команду **Экспортировать в Microsoft Excel** (Export To Microsoft Excel). Данные будут автоматически импортированы в новую книгу, начиная с ячейки A1.

#### **ПРИМЕЧАНИЕ**

Если используется Microsoft Office 2013 Pro Plus или выше, можно загрузить надстройку Microsoft Power Query для Excel по адресу: <http://office.microsoft.com/en-us/excel/download-microsoft-power-query-for-excel-FX104018616.aspx>. Надстройка Power Query предоставляет несколько инструментов для загрузки данных из Интернета и позволяет легко обрабатывать загружаемые данные. Например, можно управлять столбцами данных, выбранными для загрузки, и фильтровать строки.

## **Задания**

---

1. Загрузите в Excel с сайта Basketball-Reference.com данные о карьере своего любимого игрока.
2. Загрузите в Excel с сайта Fangraphs.com данные о карьере своего любимого игрока.
3. Загрузите в Excel с сайта Pro-football-reference.com (страница seasons) результаты игр сезона 2012 г.
4. Найдите самые кассовые фильмы всех времен и загрузите в Excel соответствующие кассовые сборы.
5. Загрузите в Excel с сайта NFL.com статистику пробежек с мячом в руках в сезоне 2012 г.

# Проверка достоверности данных

### Обсуждаемые вопросы

- ◆ Я ввожу результаты профессиональных баскетбольных матчей в Excel. Я знаю, что команда набирает от 50 до 200 очков за игру. Один раз я ввел 1000 очков вместо 100, что привело к неправильным результатам анализа. Существует ли в Excel способ предотвращения ошибок такого типа?
- ◆ Я ввожу даты и суммы деловых расходов на следующий год. В начале года я часто ошибочно ввожу в поле даты предыдущий год. Могут ли настройки Excel воспрепятствовать появлению ошибок такого типа?
- ◆ Я ввожу длинный список чисел. Могу ли я получить в Excel предупреждение, если введу нечисловое значение?
- ◆ Мой помощник при вводе многочисленных торговых сделок должен вводить сокращенные названия штатов. Можно ли создать список сокращенных названий штатов для сведения к минимуму ошибок ввода неправильных сокращений?

Рабочий процесс часто предполагает ввод большого количества однотипных данных. При вводе информации в Excel легко допустить ошибку. В Microsoft Excel 2013 при использовании критериев проверки достоверности данных вероятность совершения дорогостоящей ошибки значительно снижается. Для настройки проверки данных сначала следует выделить диапазон ячеек, к которому требуется применить проверку. На вкладке **ДААННЫЕ** (DATA) выберите **Проверка данных** (Data Validation) и укажите критерии (см. примеры в этой главе), с учетом которых в Excel будут отмечены любые неправильно введенные данные.

## Ответы на вопросы в начале главы

---

В этом разделе приведены ответы на вопросы в начале главы.

**Я ввожу результаты профессиональных баскетбольных матчей в Excel. Я знаю, что команда набирает от 50 до 200 очков за игру. Один раз я ввел 1000 очков вместо 100, что привело к неправильным результатам анализа. Существует ли в Excel способ предотвращения ошибок такого типа?**

Предположим, что очки, набранные командой хозяев, вводятся в ячейки A2:A11, а очки команды гостей — в ячейки B2:B11. (Результаты решения этой задачи см. в файле Nbadvl.xlsx.) Каждое значение, введенное в диапазон A2:B11, должно быть целым числом от 50 до 200.

Сначала выделите диапазон A2:B11, затем на вкладке **ДАННЫЕ** (DATA) выберите **Проверка данных** (Data Validation). В диалоговом окне **Проверка вводимых значений** (Data Validation) откройте вкладку **Параметры** (Settings) и в списке **Тип данных** (Allow) выберите **Целое число** (Whole Number), а затем введите данные, как показано на рис. 40.1.

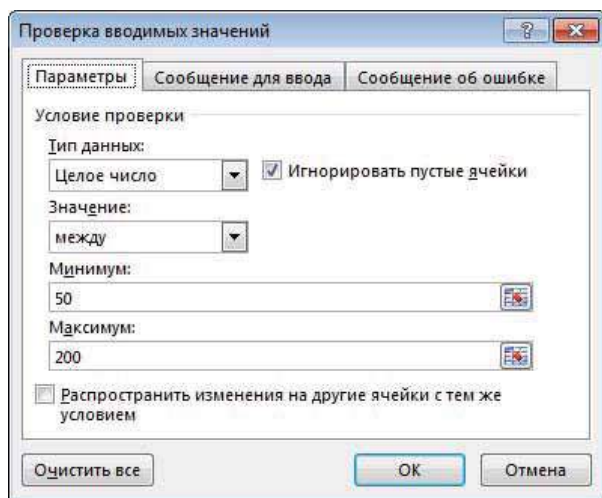


Рис. 40.1. Вкладка **Параметры** в диалоговом окне **Проверка вводимых значений** для установки критериев проверки данных

Ответ по умолчанию на ввод неправильных данных в Excel (так называемое *сообщение об ошибке*) — это сообщение "Введенное значение неверно. Набор значений, которые могут быть введены в ячейку, ограничен" (The value entered is not valid. A user has restricted values that can be entered into the cell). В диалоговом окне **Проверка вводимых значений** (Data Validation) на вкладке **Сообщение об ошибке** (Error Alert), показанной на рис. 40.2, можно изменить сообщение, включая значок и заголовок окна сообщения, а также сам текст сообщения.

На вкладке **Сообщение для ввода** (Input Message) можно создать подсказку или предупреждение для пользователя о требуемом типе вводимых данных. Сообщение появляется в виде всплывающей подсказки в выбранной ячейке. Например, можно ввести сообщение об ошибке **Введите целое число от 50 до 200** (Please enter a whole number between 50 and 200). После ввода в ячейку E5 числа (например, числа 34), которое нарушает этот критерий, появится сообщение, показанное на рис. 40.3.

**Я ввожу даты и суммы деловых расходов на следующий год. В начале года я часто ошибочно ввожу в поле даты предыдущий год. Могут ли настройки Excel воспрепятствовать появлению ошибок такого типа?**

Предположим, что в начале 2013 г. вы вводите даты в ячейки A2:A20. (См. файл Datedv.xlsx.) Выделите диапазон ячеек A2:A20 и затем на вкладке **ДАННЫЕ** (DATA) выберите инструмент **Проверка данных** (Data Validation). В диалоговом окне **Проверка вводимых значений** (Data Validation) откройте вкладку **Параметры**

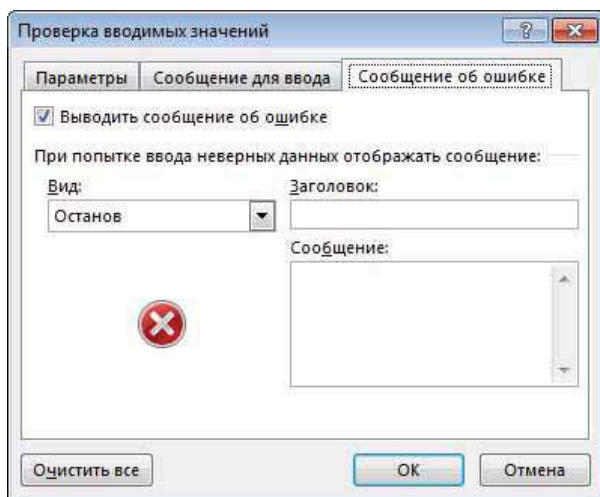


Рис. 40.2. Вкладка **Сообщение об ошибке** в диалоговом окне **Проверка вводимых значений**

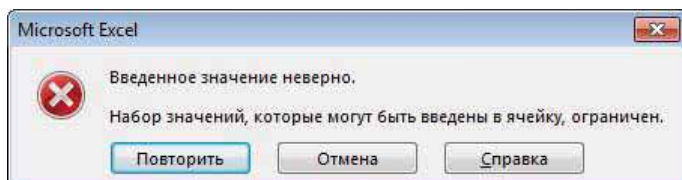


Рис. 40.3. Сообщение об ошибке для примера проверки данных о результатах баскетбольных матчей

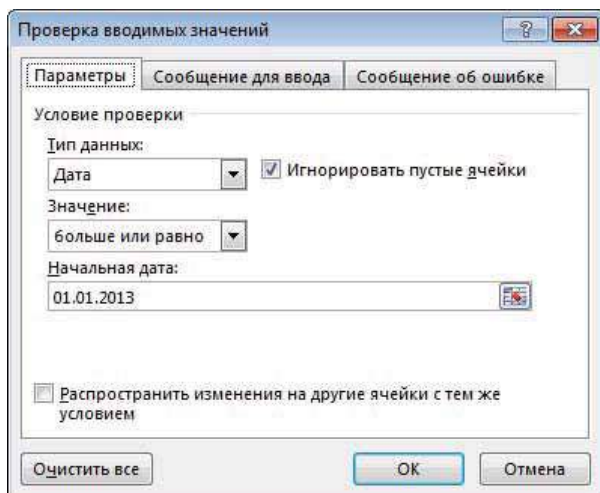


Рис. 40.4. Вкладка **Параметры** для проверки вводимых дат



(Settings) и заполните поля, как показано на рис. 40.4. После этого ввести какую-либо дату ранее 1 января 2013 г. будет невозможно.

Если в этом диапазоне ввести дату ранее 1 января 2013 г., появится предупреждение. Например, если в ячейке A3 ввести дату 15 января 2012 г., появится сообщение об ошибке.

### Я ввожу длинный список чисел. Могу ли я получить в Excel предупреждение, если введу нечисловое значение?

Полностью раскрыть возможности проверки данных позволяет определенный пользователем тип данных. Для этого в диалоговом окне **Проверка вводимых значений** (Data Validation) откройте вкладку **Параметры** (Settings), в списке **Тип данных** (Allow) выберите **Другой** (Custom) и введите формулу для определения достоверных данных (рис. 40.5). Формула, введенная для проверки достоверности данных, работает так же, как формула условного форматирования, описанного в *главе 23*. Введенная формула возвращает значение **ИСТИНА** тогда и только тогда, когда содержимое первой ячейки выделенного диапазона достоверно. После нажатия кнопки **ОК** в диалоговом окне **Проверка вводимых значений** (Data Validation) формула копируется в формулу проверки достоверности данных для остальных ячеек диапазона. Если после ввода значения в ячейку выделенного диапазона формула возвратит значение **ЛОЖЬ**, появится сообщение об ошибке.

Пусть для иллюстрации применения пользовательского формата в ячейки B2:B20 необходимо вводить только числа. (См. файл Numberdv.xlsx.) Ключом к решению этой задачи является функция Excel **ЕЧИСЛО** (ISNUMBER). Функция **ЕЧИСЛО** возвращает значение **ИСТИНА**, если функция ссылается на ячейку, содержащую числовые данные. Функция возвращает значение **ЛОЖЬ**, если ссылается на ячейку, содержащую нечисловое значение. Для обеспечения возникновения ошибки при вводе нечисловых данных в ячейки B2:B20 необходимо выполнить несколько действий.

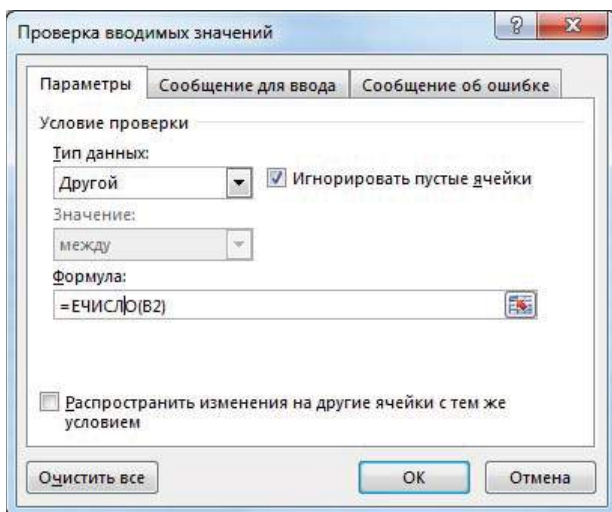


Рис. 40.5. Функция **ЕЧИСЛО** для проверки типа данных в диапазоне

Установите курсор в ячейку B2 и выделите диапазон B2:B20. Откройте вкладку **ДАННЫЕ (DATA)**, в группе **Работа с данными (Data Tools)** выберите **Проверка данных (Data Validation)** и затем введите данные в диалоговом окне **Проверка вводимых значений (Data Validation)** на вкладке **Параметры (Settings)**, как показано на рис. 40.5.

Нажмите кнопку **ОК**. Теперь при попытке ввода нечисловых данных в диапазон B2:B20 будет появляться предупреждение. Например, если ввести в ячейку B3 текст John, появится сообщение об ошибке.

Если при работе в ячейке B3 выбрать инструмент **Проверка данных (Data Validation)**, формула, показанная на рис. 40.5, примет вид =ЕЧИСЛО(B3). Это подтверждает, что введенная в ячейку B2 формула копируется правильно. При вводе значения John в ячейку B3 формула =ЕЧИСЛО(B3) возвратит значение ЛОЖЬ, поэтому появится сообщение об ошибке.

**Мой помощник при вводе многочисленных торговых сделок должен вводить сокращенные названия штатов. Можно ли создать список сокращенных названий штатов для сведения к минимуму ошибок ввода неправильных сокращений?**

Ключом к решению этой задачи проверки достоверности данных является выбор в области **Условия проверки (Validation criteria)** типа данных **Список (List)**. Сначала введите список сокращенных названий штатов (см. файл Statedv.xlsx). В данном примере присвойте диапазону I6:I55 имя abbrev. Затем выделите диапазон, в который будут вводиться сокращенные названия штатов. (В примере это диапазон D5:D156.) Откройте диалоговое окно **Проверка вводимых значений (Data Validation)**, выбрав на вкладке **ДАННЫЕ (DATA)** из списка инструмент **Проверка данных (Data Validation)**, и заполните его данными, как показано на рис. 40.6.

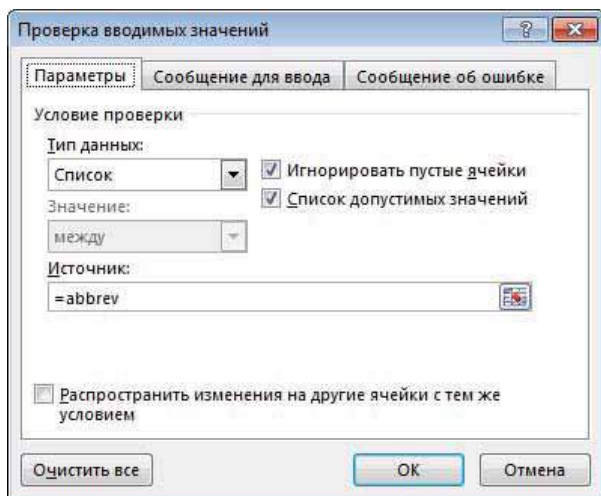


Рис. 40.6. Диалоговое окно **Проверка вводимых значений** для определения списка допустимых значений

Теперь в любой ячейке диапазона D5:D156 можно нажать стрелку раскрывающегося списка и выбрать сокращенное название штата (рис. 40.7). В этом диапазоне допустимы только сокращенные названия, указанные в списке. Если вместо выбора из списка самостоятельно ввести название штата с ошибкой, например ALK для Аляски, появится сообщение об ошибке.

	D	E	F	G	H	I
5	AL					
6	AK					AL
7	▼					AK
8	AL					AZ
9	AK					AR
10	AZ					CA
11	AR					CO
12	CA					CT
13	CO					DE
14	CT					FL
15	DE					GA
16						HI
17						ID
18						IL
19						IN
20						IA
21						KS
22						KY
23						LA
24						ME
25						MD
26						MA
27						MI
28						MN

Рис. 40.7. Раскрывающийся список с сокращенными названиями штатов

## Замечания

Далее приведена дополнительная информация о возможностях Excel по проверке достоверности данных.

- ◆ Если нажать клавишу <F5>, а затем в появившемся диалоговом окне **Переход** (Go To) нажать кнопку **Выделить** (Special) и установить переключатель в положение **Проверка данных** (Data Validation), на листе автоматически будут выделены все ячейки, для которых выполняется проверка достоверности данных. При необходимости этой возможностью можно воспользоваться для выделения всех ячеек, содержащих проверку данных.
- ◆ В версиях Excel до Microsoft Excel 2010 для работы раскрывающегося списка проверки данных на основе исходного списка данных на другом листе следовало присваивать списку имя (как это было сделано в показанном примере). В версиях Microsoft Excel 2010 и выше это ограничение снято.
- ◆ При использовании динамического диапазона, описанного в *главе 21*, изменения в исходном списке данных (добавление или удаление элементов) отображаются

в раскрывающемся списке автоматически. (См. задание 10 в данной главе.) Кроме того, если список исходных данных занесен в таблицу Excel (см. главу 25), изменения в исходных данных отображаются в раскрывающемся списке до тех пор, пока пользователь ссылается на диапазон списка и не пытается ввести имя таблицы.

- ◆ Предположим, что требуется создать раскрывающийся список для выбора магазина, в который поставляются шоколадные батончики. Кроме того, необходим еще один список, из которого можно выбрать список шоколадных батончиков, продающихся в выбранном магазине. Проблема заключается в том, что для разных магазинов списки могут не совпадать. Как организовать выбор таких вложенных списков (часто называемый каскадным выбором)? Пусть поставки осуществляются в магазины Target и CVS; предположим, что имя Target присвоено диапазону со списком шоколадных батончиков, продаваемых в магазине Target, а имя CVS — диапазону со списком шоколадных батончиков, продаваемых в CVS. Если раскрывающийся список для выбора магазина находится, например, в ячейке A20, можно создать соответствующий раскрывающийся список в ячейке B20 путем ввода в диалоговом окне **Проверка вводимых значений** (Data Validation) формулы =ДВССЫЛ(A20) для выбранного списка. Как было показано в главе 22, если ячейка A20 содержит CVS, список будет включать диапазон CVS со всеми шоколадными батончиками, продаваемыми в CVS, и т. д. См. задание 11 в этой главе.
- ◆ Для устранения проверки данных из диапазона выделите диапазон, откройте диалоговое окно **Проверка вводимых значений** (Data Validation) и нажмите кнопку **Очистить все** (Clear All).
- ◆ При наличии длинного списка можно воспользоваться функцией автозавершения (AutoComplete) в Excel. Если начать диапазон для раскрывающегося списка в ячейке под списком (пустые ячейки не допускаются), функция автозавершения выполнит всю работу. См. файл Fruitlist.xlsx.
- ◆ Кроме того, проверка данных может использоваться для установки критериев на основе длины текста в ячейке (см. задание 4 в данной главе) или времени дня (см. задание 15 также в данной главе).

## Задания

---

1. В диапазон ячеек C1:C20 требуется ввести целые неотрицательные числа. Введите параметры проверки данных, обеспечивающие ввод только целых неотрицательных чисел.
2. В ячейки C1:C15 вводятся даты сделок за июнь 2004 г. Введите параметры проверки данных, обеспечивающие ввод только дат, falling on June 2004 г.
3. С помощью типа данных **Список** (List) в области **Условия проверки** (Validation criteria) можно создать сообщение об ошибке, если введенное в проверяемый диапазон ячеек значение не включено в список. Предположим, что требуется

- ввести имена сотрудников в диапазон ячеек A1:A10. Сотрудниками компании являются Jen, Greg, Vivian, Jon и John. Обеспечьте отсутствие орфографических ошибок в именах с помощью типа данных **Список** (List).
4. Указав тип данных **Длина текста** (Text Length) в области **Условия проверки** (Validation criteria), можно создать сообщение об ошибке, если число символов в ячейке не соответствует определенному числу. Обеспечьте с помощью типа данных **Длина текста** (Text Length) в ячейках C1:C10 ввод значений, содержащих не более пяти символов (включая пробелы).
  5. В диапазон ячеек A1:A10 необходимо ввести имена сотрудников. Настройте проверку данных для обеспечения ввода любого имени сотрудника не более двух раз. (Подсказка: с помощью типа данных **Другой** (Custom) и функции СЧЁТЕСЛИ.)
  6. В диапазон ячеек A1:A15 требуется ввести идентификационные коды продуктов. Идентификационный код всегда должен заканчиваться символами хуз. С помощью проверки данных обеспечьте ввод только тех кодов, которые заканчиваются на хуз. (Подсказка: с помощью типа данных **Другой** (Custom) и функции ПРАВСИМВ.)
  7. Пусть диапазон ячеек B2:B15 должен содержать текст, а не числовые данные. С помощью проверки достоверности данных обеспечьте при вводе числовых данных появление сообщения об ошибке. (Подсказка: используйте функцию ЕТЕКСТ.)
  8. Настройте процедуру проверки данных для ввода в столбец E чисел, содержащих только два знака после запятой. (Подсказка: с помощью функций ДЛСТР и НАЙТИ.)
  9. В файле Latitude.xlsx находится формула для вычисления расстояния между двумя городами по их широте и долготе. В файле также хранятся широта и долгота для различных городов США. Настройте раскрывающийся список так, что при выборе одного города в ячейке P2 и другого города в ячейке Q2 расстояние между городами вычислялось бы в ячейке Q10.
  10. При добавлении новых городов в список городов из задания 9 необходимо обеспечить включение этих новых городов в раскрывающийся список.
  11. В файле Candybardata.xlsx содержится список магазинов, в которых продаются шоколадные батончики. На листе также указаны виды батончиков, продаваемые в каждом из магазинов, и цены на каждый вид батончиков. Настройте лист для ввода или выбора пользователем как магазина, так и вида батончика из раскрывающегося списка, а также для получения цены в ячейке D19.
    - Обеспечьте выбор магазина из раскрывающегося списка в ячейке B19.
    - Создайте в ячейке C13 раскрывающийся список для выбора вида шоколадного батончика из видов, продающихся в выбранном магазине. (Подсказка: при определении списка используйте функцию ДВССЫЛ.)
    - При смене магазина в ячейке B19, в ячейке C19 может быть указан не тот вид шоколадного батончика, который продается в только что выбранном мага-

зине. Обеспечьте для такого случая появление в ячейке C19 сообщения *Make Selection Above* (Выберите выше). Например, если в ячейке B19 указан магазин CVS, а в ячейке C13 — Gumballs, в ячейке C19 должно появиться сообщение *Make Selection Above*.

12. Ваш бюджет расходов составляет 100 000 долларов. Расходы вводятся в столбце A по мере возникновения. Создайте критерий проверки данных, который обеспечит соответствие бюджету общей суммы расходов, указанных в столбце E.
13. Создайте критерий проверки данных, который обеспечит ввод чисел в порядке убывания.
14. Создайте критерий проверки данных, обеспечивающий ввод только тех дат, которые приходятся на дни недели с понедельника по пятницу. (Подсказка: функция ДЕНЬНЕД возвращает 1 для воскресенья, 2 для понедельника и т. д.)
15. Создайте критерий проверки данных, обеспечивающий в ячейках A1:A20 ввод времени, соответствующего утренним часам.



# Обобщение данных на гистограммах

### Обсуждаемые вопросы

- ◆ Говорят, одна картина стоит тысячи слов. Как с помощью Excel можно создать картину (называемую гистограммой), которая обобщает значения в наборе данных?
- ◆ Каковы самые распространенные типы гистограмм?
- ◆ Что можно узнать, сравнивая гистограммы для разных наборов данных?

Возможность обобщения больших наборов данных очень важна. В Microsoft Excel для обобщения данных наиболее часто применяются три инструмента: *гистограммы*, *описательная статистика* и *сводные таблицы*. В этой главе рассматривается обобщение данных с помощью гистограмм. Описательная статистика обсуждается в *главе 42*, а сводные таблицы — в *главе 43*.

### Ответы на вопросы в начале главы

---

В этом разделе приведены ответы на вопросы, перечисленные в начале главы.

**Говорят, одна картина стоит тысячи слов. Как с помощью Excel можно создать картину (называемую гистограммой), которая обобщает значения в наборе данных?**

Гистограмма является широко распространенным инструментом для обобщения данных. По существу, гистограмма показывает, сколько наблюдений (еще один термин для *точек данных*) попадает в различные интервалы значений. Например, гистограмма, созданная на основе данных о ежемесячной доходности акций Cisco, могла бы показать, какая часть ежемесячной доходности компании Cisco попадает в интервал от 0 до 10%, от 11 до 20% и т. д. Интервалы, по которым группируются данные, называются *бинами*.

Рассмотрим создание и интерпретацию гистограмм, обобщающих значения ежемесячной доходности для акций Cisco и GM в 1990—2000 гг. Эти данные (а также данные для других акций) находятся в файле Stock.xlsx (на листе Stockprices). Часть этих данных показана на рис. 41.1. Например, за март 1990 г. акции Cisco поднялись в цене на 1,1%.

При создании гистограмм в Excel необходимо определить бины, самостоятельно или автоматически. Автоматически определенные бины могут выглядеть странно-



вато, например, от  $-12,53\%$  до  $4,52\%$ . По этой причине предпочтительнее определить их самостоятельно.

Эффективней всего начать определение бинов для гистограммы (определение бинов можно рассматривать как установку границ) с разделения входного интервала значений (от наименьшего до наибольшего) на 8—15 равных частей. Ежемесячная доходность акций Cisco составляет от  $-30\%$  до  $40\%$ , поэтому выберем для границ бинов значения  $-30\%$ ,  $-20\%$ ,  $-10\%$ ,  $0\%$  и т. д. до  $40\%$ .

	A	B	C	D	E	F
48						
49				мин	-0,24	-0,203
50				макс	0,277	0,339
51	Дата	Microsc	GE	Intel	GM	CSCO
52	30.мар.90	0,122	0,04	0,037	0,022	0,011
53	30.апр.90	0,047	-0,004	-0,05	-0,04	0,011
54	31.май.90	0,259	0,084	0,222	0,116	0,042
55	29.июн.90	0,041	0,005	-0,03	-0,02	0,071
56	31.июл.90	-0,125	0,034	-0,05	-0,02	-0,038
57	31.авг.90	-0,075	-0,134	-0,25	-0,13	-0,029
58	28.сен.90	0,024	-0,113	-0	-0,09	-0,091
59	31.окт.90	0,012	-0,046	0,008	0,014	0,311
60	30.ноя.90	0,133	0,053	0,119	0,014	0,339
61	31.дек.90	0,042	0,057	0,027	-0,06	0,136
62	31.янь.91	0,304	0,115	0,188	0,055	0,304
63	28.фев.91	0,057	0,07	0,044	0,101	-0,043
64	28.мар.91	0,023	0,024	-0,02	-0,04	-0,129
65	30.апр.91	-0,067	0,016	0,053	-0,05	0,221
66	31.май.91	0,109	0,099	0,132	0,217	0,084
67	28.июн.91	-0,069	-0,042	-0,17	-0,06	-0,054
68	31.июл.91	0,079	-0,01	0,011	-0,02	0,287

Рис. 41.1. Ежемесячная доходность акций

Для создания бинов введите CSCO 0,4 0,3 0,2, ...,  $-0,2$ ,  $-0,3$  (границы бинов) в ячейки H54:H62. Затем на вкладке **ДАННЫЕ** (DATA) в группе **Анализ** (Analysis) выберите **Анализ данных** (Data Analysis). Появится диалоговое окно **Анализ данных** (Data Analysis), в котором перечислены инструменты пакета анализа данных (Analysis ToolPak), содержащего массу возможностей статистической обработки данных в Excel.

#### ПРИМЕЧАНИЕ

Если на вкладке **ДАННЫЕ** (DATA) пакет **Анализ данных** (Data Analysis) отсутствует, перейдите на вкладку **ФАЙЛ** (FILE), выберите **Параметры** (Options) и затем **Надстройки** (Add-Ins). В списке **Управление** (Manage) выберите **Надстройки Excel** (Excel Add-Ins) и затем нажмите кнопку **Перейти** (Go). В диалоговом окне **Надстройки** (Add-Ins) установите флажок **Пакет анализа** (Analysis ToolPak), а не флажок **Пакет анализа — VBA** (Analysis ToolPak VBA), и нажмите кнопку **ОК**. Теперь на вкладке **ДАННЫЕ** (DATA) в группе **Анализ** (Analysis) можно получить доступ к инструментам пакета **Анализ данных** (Data Analysis).

В диалоговом окне **Анализ данных** (Data Analysis) выберите **Гистограмма** (Histogram). Откроется диалоговое окно **Гистограмма** (Histogram), как на рис. 41.2, но не заполненное данными.

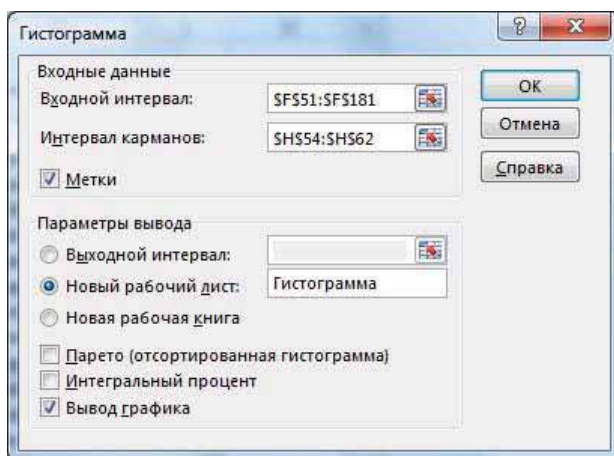


Рис. 41.2. Диалоговое окно **Гистограмма** для гистограммы доходности акций Cisco

Заполните диалоговое окно данными, как показано на рис. 41.2.

- ◆ Выделите входной интервал (диапазон ячеек F51:F181). (Для выделения диапазона F51:F181 выделите ячейку F51 и нажмите комбинацию клавиш <Ctrl>+<Shift>+<↓>. Диапазон будет выделен до нижней заполненной данными строки в столбце.) Этот интервал включает все данные, необходимые для создания гистограммы. Включите в интервал метку CSCO в ячейке F51, поскольку в противном случае ось  $x$  гистограммы получит вместо названия номер, который может ввести в заблуждение.
- ◆ Интервал карманов (H54:H62) включает границы бинов. Будут созданы интервалы от  $-30$  до  $-20\%$ , от  $-20$  до  $-10\%$  и т. д. до интервала  $30-40\%$ .
- ◆ Установите флажок **Метки** (Labels), поскольку первые строки и входного интервала, и интервала карманов содержат метки.
- ◆ Установите флажок **Новый рабочий лист** (New Worksheet Ply) (и назовите его **Гистограмма**).
- ◆ Установите флажок **Вывод графика** (Chart Output) или гистограмма не будет создана.

Теперь в диалоговом окне **Гистограмма** (Histogram) нажмите кнопку **ОК**. Появится гистограмма, показанная на рис. 41.3.

Между столбцами созданной гистограммы имеются промежутки. Для удаления этих промежутков щелкните правой кнопкой мыши по любому столбику гистограммы и выберите **Формат ряда данных** (Format Data Series). На панели **Формат ряда данных** (Format Data Series) установите на счетчике **Боковой зазор** (Gap Width) значение  $0\%$ . Кроме того, на гистограмме могут отсутствовать метки для

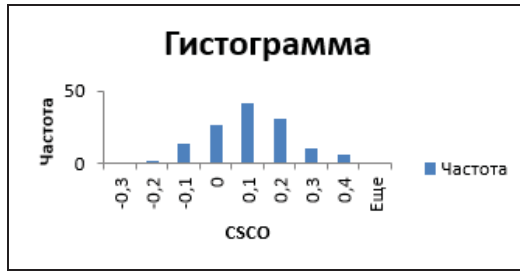


Рис. 41.3. Гистограмма Cisco, созданная с помощью инструмента из пакета анализа

всех столбцов. Если метки не появились, выберите гистограмму и с помощью меток-манипуляторов увеличьте ее размеры. Или уменьшите размер шрифта. Для уменьшения размера шрифта щелкните правой кнопкой мыши по оси графика и выберите **Шрифт** (Font). Установите на счетчике **Размер** (Size) значение 5. Также можно изменить название гистограммы путем выделения текста и ввода нового названия. После внесения некоторых из описанных изменений гистограмма будет выглядеть так, как на рис. 41.4.

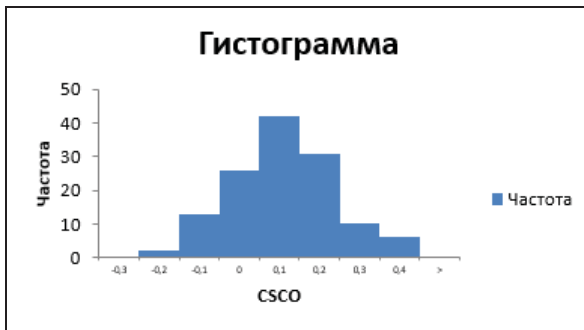


Рис. 41.4. Изменение формата различных элементов гистограммы

Обратите внимание, что доход по акциям Cisco наиболее вероятно составит от 0 до 10% в месяц, и что высота столбиков гистограммы на краях интервала намного меньше высоты самого высокого столбика. При построении в дополнение к самой гистограмме создается сводка по частоте заполнения бинов, показанная на рис. 41.5.

Например, как видно из сводки, в течение двух месяцев доход по акциям Cisco составлял от  $-30$  до  $-20\%$ ; в течение 13 месяцев ежемесячный доход был больше  $-20\%$  и меньше или равен  $-10\%$ .

### Каковы самые распространенные типы гистограмм?

Гистограммы, созданные для большинства наборов данных, можно разделить на несколько типов:

- ◆ симметричные;
- ◆ с наклоном вправо (положительная асимметрия);

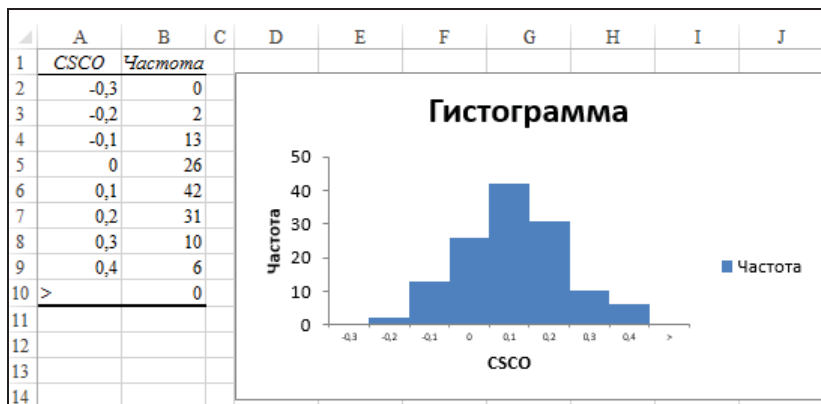


Рис. 41.5. Сводка по частоте заполнения интервалов для доходности акций Cisco

- ◆ с наклоном влево (отрицательная асимметрия);
- ◆ с несколькими пиками.

В приведенном далее списке каждый тип гистограммы рассмотрен более подробно. См. файл *Skewexamples.xlsx*.

- ◆ **Симметричное распределение.** Гистограмма является симметричной, если она имеет единственный пик и выглядит примерно одинаково слева и справа от пика. Симметричными часто бывают результаты тестов (таких как тесты IQ). Например, гистограмма результатов теста IQ (см. ячейку *w42*) может выглядеть так, как на рис. 41.6. Обратите внимание, что высота столбиков слева и справа от пика примерно одинакова, высота следующих столбиков слева и справа от пика также примерно одинакова и т. д. Столбик с меткой 105 представляет всех людей, прошедших тест с IQ больше 95 и не больше 105, столбик с меткой 65 — с IQ не больше 65 и т. д. Также отметим, что гистограмма ежемесячной доходности акций Cisco почти симметричная.
- ◆ **С наклоном вправо (положительная асимметрия).** Гистограмма имеет наклон вправо (положительную асимметрию), если она имеет единственный пик и набор значений справа от пика значительно шире набора значений слева от пика.

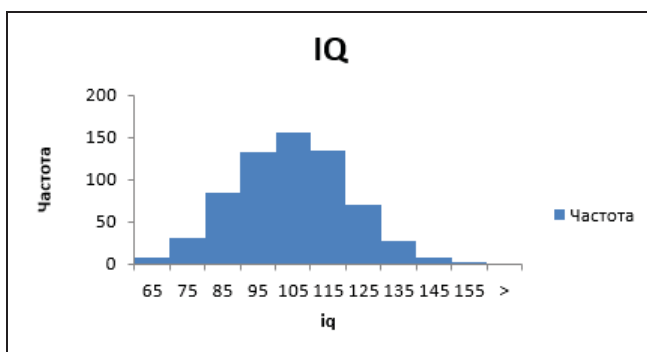


Рис. 41.6. Симметричная гистограмма

Гистограммы для многих наборов экономических данных (таких как семейные доходы или доходы физических лиц) имеют положительную асимметрию. На рис. 41.7 (см. ячейку T24) представлен пример гистограммы с положительной асимметрией, созданной на основе данных о семейных доходах.

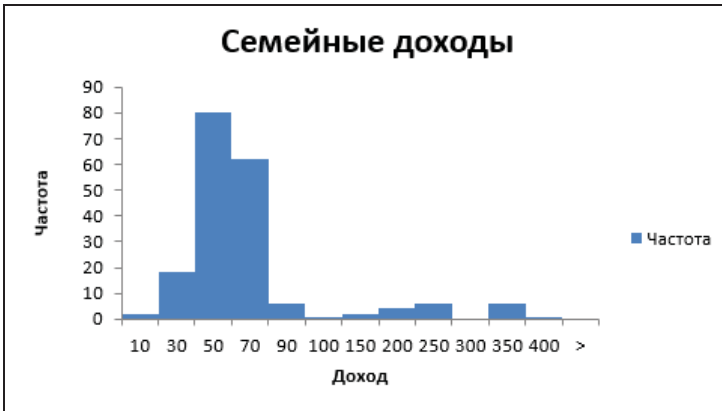


Рис. 41.7. Гистограмма с положительной асимметрией для данных о семейных доходах

- ◆ **С наклоном влево (отрицательная асимметрия).** Гистограмма имеет наклон влево (отрицательную асимметрию), если она имеет единственный пик и набор значений слева от пика значительно шире набора значений справа от пика. Гистограмма для количества дней, прошедших от зачатия до рождения, имеет отрицательную асимметрию. Пример приведен на рис. 41.8 (см. ячейку Q7). Высота каждого столбика представляет число женщин, у которых количество дней от зачатия до рождения попадает в указанный интервал. Например, две женщины родили меньше чем через 180 дней после зачатия.

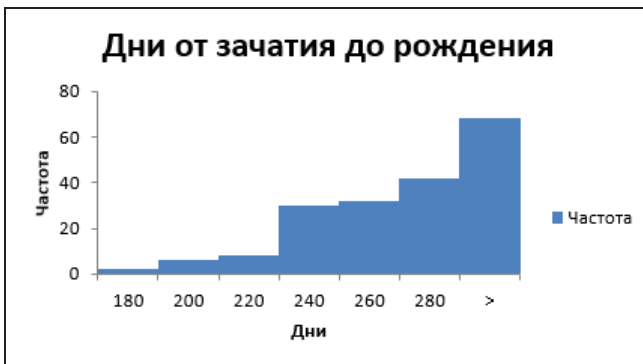


Рис. 41.8. Гистограмма с отрицательной асимметрией для количества дней от зачатия до рождения

- ◆ **С несколькими пиками.** Если гистограмма имеет несколько пиков, как правило, это означает, что данные из нескольких генеральных совокупностей оказались на графике вместе. Например, гистограмма на рис. 41.9 представляет изме-

рения диаметра рельсовых направляющих грузоподъемника, производимых на двух станках. См. ячейку Q11 файла Twinpeaks.xlsx.

На этой гистограмме данные образуют две группы. По всей вероятности, каждая группа данных соответствует направляющим, производимым на одном из станков. Если предположить, что требуемый диаметр должен быть равен 0,55 дюйма, придется сделать вывод, что один станок производит слишком узкие направляющие, а другой — слишком широкие. В соответствии с интерпретацией этой гистограммы следует создать две гистограммы для направляющих, производимых на каждом станке. Этот пример поясняет, почему гистограммы являются мощным инструментом контроля качества.



Рис. 41.9. Гистограмма с несколькими пиками

### Что можно узнать, сравнивая гистограммы для разных наборов данных?

Аналитикам часто приходится сравнивать два различных набора данных. Например, требуется узнать, чем отличаются ежемесячные доходности акций GM и Cisco. Для ответа на такой вопрос можно создать гистограмму для акций GM с теми же интервалами, что и для акций Cisco, и затем поместить гистограммы друг над другом (рис. 41.10). См. в файле Stock.xlsx лист Histograms.

При сравнении этих двух гистограмм можно прийти к двум важным выводам.

- ◆ Как правило, дела у Cisco идут лучше, чем у GM. Это видно из рисунка, поскольку самый высокий столбик на гистограмме доходов Cisco на один столбик правее, чем самый высокий столбик на гистограмме доходов GM. Кроме того, на гистограмме доходов Cisco больше столбиков справа, чем на гистограмме доходов GM.
- ◆ На гистограмме доходов Cisco изменчивость или разброс вокруг среднего значения шире, чем на гистограмме доходов GM. Обратите внимание, что пик на гистограмме доходов GM содержит 59 месяцев, в то время как пик на гистограмме доходов Cisco — только 41 месяц. Это говорит о том, что для Cisco

большая часть доходов находится вне интервала, который представляет наиболее вероятный доход от акций Cisco. Доходы Cisco имеют больший разброс, чем доходы GM.

Дополнительную информацию о различии доходов Cisco и GM см. в главе 42.

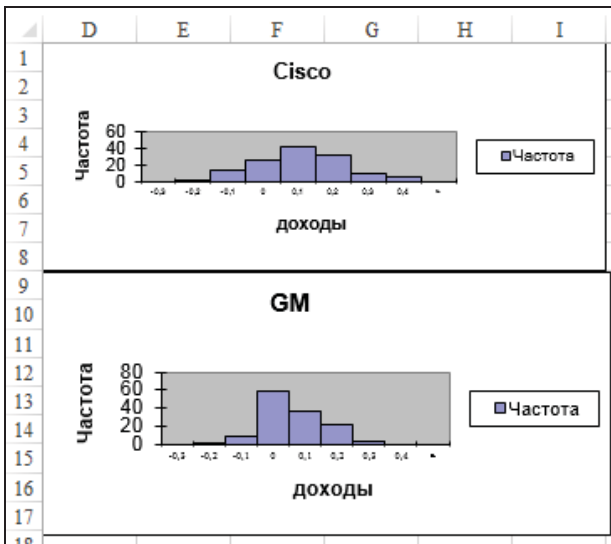


Рис. 41.10. Гистограммы с одинаковыми интервалами для сравнения разных наборов данных

## Задания

1. На основе данных в файле Stock.xlsx создайте гистограммы для ежемесячных доходов от акций GE и Intel.
2. На основе данных в файле Historicalinvest2009.xlsx постройте гистограммы для ежегодных доходов по акциям и облигациям. Затем сравните ежегодные доходы по этим акциям и облигациям.
3. В файле Deming.xlsx содержатся измерения диаметра (в дюймах) для 500 стержней, произведенных компанией Rodco, согласно отчету руководителя производства. Допустимый размер диаметра стержня составляет не менее 1 дюйма. Раньше диаметрам стержней, производимых компанией Rodco, соответствовала симметричная гистограмма.
  - Постройте гистограмму для этих измерений.
  - Прокомментируйте любые необычные аспекты этой гистограммы.

Можно ли догадаться, что вызвало необычный вид гистограммы? (Подсказка: один из 14 принципов управления качеством Эдварда Деминга гласит: "Искорените страх".)

4. В файле Unemployment.xlsx file находятся данные об уровне безработицы в США. Создайте на их основе гистограмму. Гистограмма уровня безработицы симметричная или асимметричная?
5. В файле Teams.xlsx содержатся данные о засчитанных пробежках в высшей баскетбольной лиге за сезон. Создайте на их основе гистограмму. Гистограмма, представляющая засчитанные пробежки, симметричная или асимметричная?
6. В файле NFLpoints.xlsx содержатся данные об очках, заработанных командами Национальной футбольной лиги за сезон. Создайте на их основе гистограмму. Гистограмма, представляющая заработанные очки, симметричная или асимметричная?





# Обобщение данных с помощью описательной статистики

### Обсуждаемые вопросы

- ◆ Как определяется типичное значение набора данных?
- ◆ Каким образом можно измерить, насколько набор данных отличается от своего типичного значения?
- ◆ Как среднее значение и стандартное отклонение характеризуют набор данных?
- ◆ Как с помощью описательной статистики сравнить наборы данных?
- ◆ Как для заданной точки данных можно найти величину ее процентиля в наборе данных? Например, как найти девяностый перцентиль набора данных?
- ◆ Как найти второе наибольшее или второе наименьшее число в наборе данных?
- ◆ Как можно ранжировать числа в наборе данных?
- ◆ Что такое урезанное среднее набора данных?
- ◆ Существует ли быстрый способ получить для выбранного диапазона ячеек различные статистики, описывающие данные в этих ячейках?
- ◆ Почему финансовые аналитики часто определяют средний доход по акциям с помощью среднего геометрического?

В *главе 41* было показано, как наборы данных можно описать с помощью гистограмм. В этой главе рассматривается описание наборов данных с помощью особых характеристик, таких как среднее, медиана, стандартное отклонение и дисперсия — показателей, сгруппированных в Microsoft Excel 2013 в виде описательной статистики. Для получения доступа к описательной статистике набора данных выберите на вкладке **ДАННЫЕ** (DATA) в группе **Анализ** (Analysis) пакет **Анализ данных** (Data Analysis) и в нем инструмент **Описательная статистика** (Descriptive Statistics). После ввода релевантных данных и нажатия кнопки **ОК** появится вся описательная статистика по соответствующему набору данных. Если на вкладке **ДАННЫЕ** (DATA) пакет **Анализ данных** (Data Analysis) отсутствует, установите надстройку **Анализ данных** (Data Analysis), следуя инструкциям в *главе 41*.

## Ответы на вопросы в начале главы

В этом разделе приведены ответы на вопросы, перечисленные в начале главы.

### Как определяется типичное значение набора данных?

Для иллюстрации предназначения описательной статистики вернемся к данным о ежемесячной доходности акций Cisco и GM в файле Stock.xlsx. Для создания показателей описательной статистики этого набора данных на вкладке **ДАННЫЕ** (DATA) в группе **Анализ** (Analysis) выберите пакет **Анализ данных** (Data Analysis) и в нем инструмент **Описательная статистика** (Descriptive Statistics). Заполните данными диалоговое окно **Описательная статистика** (Descriptive Statistics), как показано на рис. 42.1.

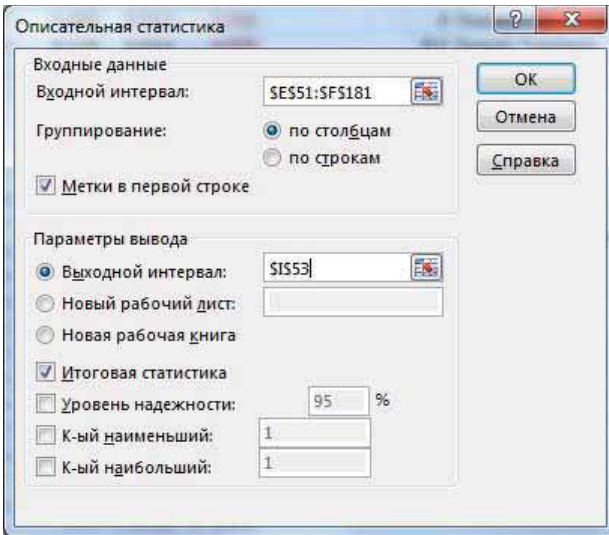


Рис. 42.1. Диалоговое окно **Описательная статистика**

Входной интервал представляет данные о ежемесячной доходности акций Cisco и GM, хранящиеся в диапазоне ячеек E51:F181 (включая метки в строке 51). Оставшаяся часть диалогового окна **Описательная статистика** (Descriptive Statistics) заполняется, как показано на рис. 42.1, по следующим причинам:

- ◆ переключатель **Группирование** (Grouped By) установлен в положение **по столбцам** (Columns), поскольку каждый набор данных находится в отдельном столбце;
- ◆ флажок **Метки в первой строке** (Labels In First Row) установлен потому, что первая строка диапазона данных содержит метки, а не данные;
- ◆ ячейка I53 текущего листа выбрана как первая ячейка выходного интервала;
- ◆ флажок **Итоговая статистика** (Summary Statistics) установлен в целях отображения самых распространенных статистических показателей для ежемесячной доходности акций GM и Cisco.

	I	J	K	L
53	GM		CSCO	
54				
55	Среднее	0,009	Среднее	0,056
56	Стандартная ошибка	0,008	Стандартная ошибка	0,011
57	Медиана	-0,005	Медиана	0,05
58	Мода	#Н/Д	Мода	0,051
59	Стандартное отклонение	0,09	Стандартное отклонение	0,122
60	Дисперсия выборки	0,008	Дисперсия выборки	0,015
61	Экссесс	0,475	Экссесс	-0,32
62	Асимметричность	0,224	Асимметричность	0,105
63	Интервал	0,517	Интервал	0,541
64	Минимум	-0,24	Минимум	-0,203
65	Максимум	0,277	Максимум	0,339
66	Сумма	1,206	Сумма	7,224
67	Счет	130	Счет	130

Рис. 42.2. Описательная статистика для акций Cisco и GM

После нажатия кнопки **ОК** на листе появится описательная статистика, представленная на рис. 42.2.

Теперь расшифруем описательную статистику, которая определяет типичное значение (или средний уровень) для ежемесячной доходности акций Cisco. Результаты содержат три меры среднего уровня: среднее (или средняя величина), медиана и мода.

- ◆ **Среднее.** Среднее значение набора данных обозначается как  $\bar{x}$  и является средним значением всех наблюдений в выборке. Для значений данных  $x_1, x_2, \dots, x_n$  среднее вычисляется по формуле:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i.$$

Здесь  $n$  — число наблюдений в выборке, а  $x_i$  —  $i$ -е наблюдение в выборке. Как видно из рисунка, средний доход по акциям Cisco составляет 5,6% в месяц.

Сумма отклонений всех значений от среднего всегда равна 0. Таким образом, среднее набора данных можно рассматривать для данных как точку равновесия. Безусловно, среднее значение выборки в Excel можно получить и без инструмента **Описательная статистика** (Descriptive Statistics), применив функцию СРЗНАЧ (AVERAGE) к соответствующему диапазону ячеек.

- ◆ **Медиана.** Это срединное наблюдение для ряда данных, упорядоченных от наименьшего к наибольшему. Если выборка содержит нечетное число наблюдений, то медианой является наблюдение, слева и справа от которого находится одинаковое число наблюдений. Таким образом, для выборки из девяти наблюдений медианой будет являться пятое наименьшее (или пятое наибольшее) наблюдение. Если выборка включает четное число наблюдений, можно просто взять среднее значение от двух срединных наблюдений. По существу, медиана являет-

ся 50-м процентилем данных. Например, медиана для ежемесячного дохода по акциям Cisco составляет 5%. Эту информацию также можно получить с помощью функции МЕДИАНА (MEDIAN).

- ◆ **Мода.** Это наиболее часто встречающееся значение в выборке. Если ни одно значение не встречается более одного раза, мода не существует. Для акций GM ежемесячный доход ни разу не совпал за 1990—2000 гг., поэтому для этих данных мода не существует. Для акций Cisco мода равна приблизительно 5,14%. В версиях Excel до Microsoft Excel 2010 для вычисления моды применялась также функция МОДА (MODE). Если значения встречались только один раз, функция МОДА возвращала ошибку #Н/Д.

Проблема заключалась в том, что набор данных может иметь не одну моду, а функция МОДА просто возвращала первую найденную моду. По этой причине в Microsoft Excel 2010 были представлены две функции: МОДА.ОДН (MODE.SNGL) и МОДА.НСК (MODE.MULT). (См. файл Modefunctions.xlsx.)

Функция МОДА.ОДН работает также как функция МОДА в более ранних версиях Excel. Но в более ранних версиях Excel функция МОДА.ОДН недоступна.

Функция МОДА.НСК является функцией обработки массива (см. главу 87). Для использования функции МОДА.НСК (или любой другой функции обработки массива) сначала необходимо выделить диапазон ячеек, в который функция возвратит значения. Затем следует ввести функцию или формулу. Но не торопитесь нажимать клавишу <Enter>; следует удерживать клавиши <Ctrl> и <Shift> и затем нажать клавишу <Enter>. Проблема с функцией МОДА.НСК состоит в том, что заранее неизвестно, сколько мод имеет набор данных, и поэтому правильный размер диапазона, который требуется выделить, также неизвестен.

В файле Modefunctions.xlsx (рис. 42.3) показаны все три функции, связанные с модой.

Мода редко используется как мера среднего уровня. Однако следует отметить, что для симметричных наборов данных среднее, медиана и мода равны.

Возникает естественный вопрос: среднее или медиана является наиболее точной мерой среднего уровня? По существу, следует отдать предпочтение среднему, если набор данных не проявляет чрезмерную асимметрию. В противном случае в качестве меры среднего уровня следует использовать медиану. Если набор данных асимметричен, экстремальные значения искажают среднее. В этом случае медиана является более точной мерой типичного значения набора данных. Например, в отчетах правительства США указывается медианный семейный доход, а не средний семейный доход, поскольку семейный доход имеет сильную положительную асимметрию.

Показатель асимметричности в результатах работы инструмента **Описательная статистика** (Descriptive Statistics) определяет, насколько асимметричным является набор данных.

- Асимметричность больше +1 указывает на высокую степень положительной асимметрии.

	C	D	E	F	G
3		моды 3 и 5			
4					
5			3		
6			4		
7			5		
8			3		
9			2		
10			1		
11			5		
12					
13				3 =МОДА(D5:D11)	
14	выделено 3 ячейки			3 =МОДА.ОДН(d5:d11)	
15	МОДА.НСК				
16		3		3 МОДА.НСК	
17		5		5 выделено 2 ячейки	
18	#Н/Д				
19				МОДА.НСК выделена 1 ячейка	
20				3	

Рис. 42.3. Примеры использования функций МОДА

- Асимметричность меньше  $-1$  указывает на высокую степень отрицательной асимметрии.
- Асимметричность от  $-1$  до  $+1$ , включительно, указывает на относительную симметричность набора данных.

Таким образом, ежемесячная доходность акций GM и Cisco демонстрирует небольшую положительную асимметрию. Поскольку показатель асимметричности для каждого набора данных меньше  $+1$ , среднее является более точной мерой типичной доходности, чем медиана. Для вычисления асимметрии набора данных служит также функция СКОС (SKEW).

- ◆ **Эксцесс.** Эксцесс, как крайнее проявление — не самая важная мера. Значение эксцесса около 0 означает, что набор данных демонстрирует пиковость, близкую к нормальной (или стандартной колоколообразной) кривой. (Нормальная кривая рассмотрена в главе 69.) Положительный эксцесс означает, что набор данных имеет более резкий максимум, чем нормальная случайная величина, в то время как отрицательный эксцесс означает, что данные имеют менее резкий максимум, чем нормальная случайная величина. Ежемесячная доходность акций GM имеет более резкий максимум, чем нормальная кривая, в то время как ежемесячная доходность акций Cisco имеет менее резкий максимум по сравнению с нормальной кривой.

**Каким образом можно измерить, насколько набор данных отличается от своего типичного значения?**

Рассмотрим две инвестиции, каждая из которых приносит в среднем 20% в год. Прежде чем принять решение, какой из инвестиций отдать предпочтение, необхо-

димо узнать, каков разброс или рискованность инвестиции. Наиболее важными мерами разброса (или отклонения от среднего) для набора данных являются дисперсия выборки, стандартное отклонение выборки и интервал.

- ◆ **Дисперсия выборки и стандартное отклонение выборки.** Дисперсия выборки  $s^2$  определяется по следующей формуле:

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2.$$

Дисперсию выборки можно рассматривать как среднеквадратическое отклонение данных от среднего. Интуиция подсказывает, что для вычисления истинного среднеквадратического отклонения следует делить на  $n$ , но по техническим причинам необходимо делить на  $n - 1$ .

Деление суммы квадратов отклонений на  $n - 1$  гарантирует, что дисперсия выборки является несмещенной мерой истинной дисперсии совокупности, из которой выбраны данные.

Стандартное отклонение выборки  $s$  — это просто корень квадратный из  $s^2$ .

Далее приведен пример вычисления этих мер для трех чисел: 1, 3 и 5.

$$s^2 = \frac{1}{3-1} [(1-3)^2 + (3-3)^2 + (5-3)^2] = 4.$$

Очевидно, что:

$$s = \sqrt{4} = 2.$$

В примере с акциями стандартное отклонение выборки ежемесячных доходов по акциям Cisco составляет 12,2% с дисперсией выборки 0,015%<sup>2</sup>. Естественно, %<sup>2</sup> трудно интерпретировать, поэтому, как правило, рассматривается стандартное отклонение выборки. Для акций GM стандартное отклонение выборки составляет 8,97%.

В предыдущих версиях Excel дисперсия выборки для набора данных вычислялась посредством функции ДИСП (VAR), а стандартное отклонение выборки — с помощью функции СТАНДОТКЛОН (STDEV). Эти функции по-прежнему можно использовать в Microsoft Excel 2013, но начиная с Microsoft Excel 2010, были также добавлены эквивалентные функции ДИСП.В (VAR.S) и СТАНДОТКЛОН.В (STDEV.S). (В расшифровывается как выборка.) Новые функции ДИСП.Г (VAR.P) и СТАНДОТКЛОН.Г (STDEV.P) вычисляют дисперсию и стандартное отклонение по генеральной совокупности. Для вычисления дисперсии или стандартного отклонения по генеральной совокупности просто замените  $n - 1$  на  $n$  в знаменателе формулы вычисления  $s^2$ .

- ◆ **Интервал.** Интервал разброса данных — это наибольшее число в наборе данных минус наименьшее число. Здесь интервал для ежемесячной доходности акций Cisco составляет 54%, а интервал для ежемесячной доходности акций GM — 52%.

## Как среднее значение и стандартное отклонение характеризуют набор данных?

Предположим, что гистограмму можно описать как симметричную гистограмму, тогда для такой гистограммы эмпирическое правило гласит:

- ◆ приблизительно 68% всех наблюдений приходятся на интервал между  $x - s$  и  $x + s$ ;
- ◆ приблизительно 95% всех наблюдений приходятся на интервал между  $x - 2s$  и  $x + 2s$ ;
- ◆ приблизительно 99,7% всех наблюдений приходятся на интервал между  $x - 3s$  и  $x + 3s$ .

В главе 69 показано, что 68, 95 и 99,7% получены для гауссовой или нормальной случайной величины.

Например, можно ожидать, что приблизительно 95% всех ежемесячных доходов по акциям Cisco составят от  $-19$  до  $30\%$ , как показано ниже:

среднее  $- 2s = 0,056 - 2 \times (0,122) = -19\%$  и среднее  $+ 2s = 0,056 + 2 \times (0,122) = 30\%$ .

Любое наблюдение, отличающееся более чем на два стандартных отклонения от среднего, называется *выбросом*. Для данных Cisco из 130 наблюдений выбросами являются 9 (или примерно 7% всех доходов). Обычно эмпирическое правило дает меньшую точность для наборов данных со скошенным распределением, но в целом оно достаточно точно для относительно симметричных наборов данных, даже если данные не относятся к нормально распределенной совокупности.

Часто ценную информацию можно получить, обнаружив причины выбросов. Компании должны быть заинтересованы в более частом возникновении благоприятных выбросов, чем неблагоприятных.

## Выделение выбросов с помощью условного форматирования

Как показывает опыт, в наборе данных часто требуется выделить все выбросы. Пример такого выделения представлен на рис. 42.4. (См. в файле Stock.xlsx лист Stockprices.)

Например, для выделения выбросов в данных Cisco сначала вычислите нижний предел для выброса (среднее  $- 2s$ ) в ячейке J69 и верхний предел (среднее  $+ 2s$ ) в ячейке J70. Затем выделите весь диапазон доходов Cisco (ячейки F52:F181), начиная с ячейки F52. Далее на вкладке ГЛАВНАЯ (HOME) в списке **Условное форматирование** (Conditional Formatting) выберите **Создать правило** (New Rule). В диалоговом окне **Создание правила форматирования** (New Formatting Rule) выберите тип правила **Использовать формулу для определения форматируемых ячеек** (Use a formula to determine which cells to format) и затем заполните остальную часть диалогового окна, как показано на рис. 42.5.

Введенное условие гарантирует, что если значение в ячейке F52 на  $2s$  больше или меньше среднего ежемесячного дохода по акциям Cisco, выбранный формат (в дан-



ном случае шрифт красного цвета) будет применен к ячейке F52. Условие форматирования автоматически копируется в выделенный диапазон, и все выбросы будут представлены шрифтом красного цвета.

	C	D	E	F
49		мин	-0,240	-0,203
50		макс	0,277	0,339
51	GE	INTC	GM	CSCO
52	0,04	0,037	0,022	0,011
53	-0,004	-0,054	-0,035	0,011
54	0,084	0,222	0,116	0,042
55	0,005	-0,026	-0,021	0,071
56	0,034	-0,053	-0,021	-0,038
57	-0,134	-0,250	-0,131	-0,029
58	-0,113	-0,004	-0,088	-0,091
59	-0,046	0,008	0,014	0,311
60	0,053	0,119	0,014	0,339
61	0,057	0,027	-0,058	0,136
62	0,115	0,188	0,055	0,304
63	0,07	0,044	0,101	-0,043

Рис. 42.4. Выбросы для доходности акций Cisco выделены с помощью условного форматирования

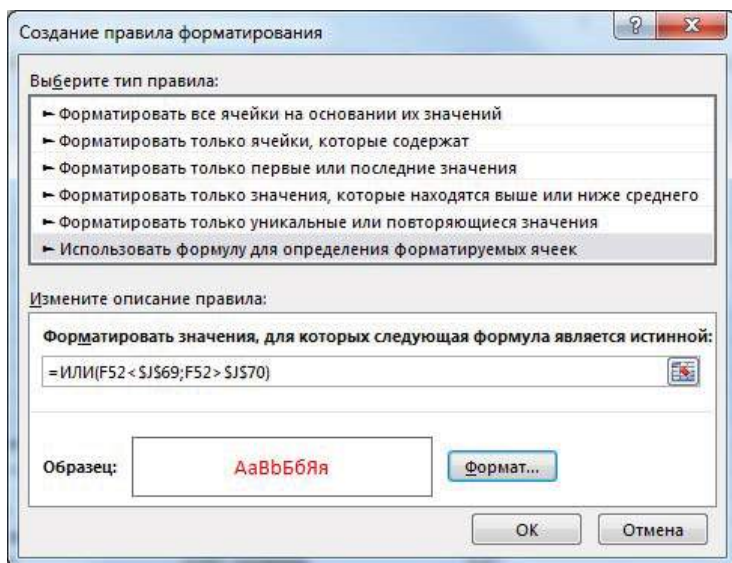


Рис. 42.5. Правило условного форматирования для выделения выбросов

## Как с помощью описательной статистики сравнить наборы данных?

С помощью описательной статистики можно собрать информацию о различиях между наборами данных, например, между ежемесячной доходностью акций Cisco и GM. На основе мер уровня среднего и разброса можно сделать следующие выводы.

- ◆ Как правило (если судить по среднему и медиане), ежемесячная доходность акций Cisco выше, чем доходность акций GM.
- ◆ Ежемесячные доходы по акциям Cisco более изменчивы (если судить по стандартному отклонению, дисперсии и интервалу), чем доходы по акциям GM.
- ◆ И доходность акций Cisco, и доходность акций GM демонстрируют небольшую степень положительной асимметрии. Ежемесячная доходность акций GM имеет более резкий максимум, чем нормальная кривая, в то время как ежемесячная доходность акций Cisco имеет менее резкий максимум, чем нормальная кривая.

**Как для заданной точки данных можно найти величину ее процентиля в наборе данных? Например, как найти девяностый百分иль набора данных?**

До Microsoft Excel 2010 для определения относительного положения наблюдения в наборе данных применялись функции ПРОЦЕНТИЛЬ (PERCENTILE) и ПРОЦЕНТРАНГ (PERCENTRANK). В Microsoft Excel 2010 было добавлено четыре новых функции: ПРОЦЕНТИЛЬ.ВКЛ (PERCENTILE.INC), ПРОЦЕНТИЛЬ.ИСКЛ (PERCENTILE.EXC), ПРОЦЕНТРАНГ.ВКЛ (PERCENTRANK.INC) и ПРОЦЕНТРАНГ.ИСКЛ (PERCENTRANK.EXC). Функции ПРОЦЕНТИЛЬ.ВКЛ и ПРОЦЕНТРАНГ.ВКЛ возвращают результаты, идентичные старым функциям ПРОЦЕНТИЛЬ и ПРОЦЕНТРАНГ. Обратите внимание, что в предыдущих версиях Excel эти новые функции не распознаются. Примеры работы новых функций представлены в файле Percentile.xlsx и на рис. 42.6.

	C	D	E	F	G	H
2	ПРОЦЕНТРАНГ					
3	Данные	ИСКЛ	ВКЛ			
4	10	0,062	0	ПРОЦЕНТИЛЬ	ИСКЛ	ВКЛ
5	20	0,125	0,071	0,1	16	24
6	30	0,187	0,142	0,2	32	38
7	40	0,25	0,214	0,3	48	52
8	50	0,312	0,285	0,4	64	66
9	60	0,375	0,357	0,5	80	80
10	70	0,437	0,428	0,6	96	94
11	80	0,5	0,5	0,7	112	108
12	90	0,562	0,571	0,8	128	122
13	100	0,625	0,642	0,9	204	136
14	110	0,687	0,714			
15	120	0,75	0,785			
16	130	0,812	0,857			
17	140	0,875	0,928			
18	300	0,937	1			

Рис. 42.6. Пример использования функций ПРОЦЕНТИЛЬ и ПРОЦЕНТРАНГ

Функции ПРОЦЕНТИЛЬ, ПРОЦЕНТИЛЬ.ВКЛ и ПРОЦЕНТИЛЬ.ИСКЛ возвращают процентиль для указанного набора данных. Синтаксис у всех этих функций такой же, как у функции ПРОЦЕНТИЛЬ.ВКЛ (массив; k), которая возвращает  $k$ -й процентиль для информации в диапазоне ячеек, указанном в аргументе массив.

Рассмотрим набор данных, состоящий из  $n$  элементов. Старая функция ПРОЦЕНТИЛЬ и новая функция ПРОЦЕНТИЛЬ.ВКЛ возвращают  $p$ -й процентиль ( $0 < p < 1$ ) как элемент с рангом  $1 + (n - 1) \times p$  в наборе данных. Например, в ячейке H13 по формуле =ПРОЦЕНТИЛЬ.ВКЛ(C4:C18;F13) вычисляется 90-й процентиль для данных в ячейках C4:C18 как  $1 + (15 - 1) \times (0,9)$ , что в результате дает элемент с рангом 13,6. Таким образом, при условии, что данные отсортированы в порядке возрастания, вычисляется число, находящееся между тринадцатым (130) и четырнадцатым элементом данных (140) с учетом 60%. В результате получается 136.

Функция ПРОЦЕНТИЛЬ.ИСКЛ вычисляет  $k$ -й процентиль как элемент с рангом  $(n + 1) \times p$  в наборе данных. Функция ПРОЦЕНТИЛЬ.ИСКЛ вычисляет 90-й процентиль для данных как  $(15 + 1) \times (0,9)$ , что в результате дает элемент с рангом 14,4. Таким образом, 90-й процентиль (при условии, что данные отсортированы в порядке возрастания) вычисляется как число между четырнадцатым (140) и пятнадцатым элементом данных (300) с учетом 40%. В результате получается  $140 + (0,40) \times (300 - 140) = 204$ . Нетрудно заметить, что эти две функции возвращают совершенно разные результаты. Если считать, что имеющиеся данные были отобраны из большого набора данных, следует предположить, что элемент данных может быть больше 136 с вероятностью, намного превышающей 10%. В конце концов, 2 из 15 элементов данных больше 130, поэтому не кажется разумным полагать, что 90-й процентиль для этих данных равен 136. Следовательно, 90-й процентиль, равный 204, может оказаться более приемлемым. Настоятельно рекомендуется выполнять вычисления с помощью функций с окончаниями .ИСКЛ, а не с окончаниями .ВКЛ. Обратите внимание, что функции с окончаниями .ИСКЛ не вычисляют процентиль для 0 и 1. Окончание .ИСКЛ означает, что функция ПРОЦЕНТИЛЬ.ИСКЛ исключает нулевой и сотый процентиля.

Функции ПРОЦЕНТРАНГ, ПРОЦЕНТРАНГ.ВКЛ и ПРОЦЕНТРАНГ.ИСКЛ возвращают ранг наблюдения относительно всех значений в наборе данных. Синтаксис на примере одной из функций: ПРОЦЕНТРАНГ.ИСКЛ(массив; значение). Обе функции ПРОЦЕНТРАНГ и ПРОЦЕНТРАНГ.ВКЛ вычисляют процентильный ранг  $k$ -го наименьшего числа в наборе данных как  $(k - 1)/(n - 1)$ . Таким образом, как показано в ячейке E4, функция ПРОЦЕНТРАНГ или ПРОЦЕНТРАНГ.ВКЛ возвращает ранг 0 для 10, поскольку для этой точки данных  $k = 1$ . Функция ПРОЦЕНТРАНГ.ИСКЛ вычисляет ранг  $k$ -й наименьшей точки данных как  $k/(n + 1)$ . В ячейке D4 функция ПРОЦЕНТРАНГ.ИСКЛ возвратила ранг  $1/16 = 0,0625$ . Процентильный ранг 6,25% кажется более реалистичным, чем ранг 0%, поскольку нет причин полагать, что значение 10 является наименьшей точкой данных в большом наборе данных, из которого была сделана эта выборка.

#### ПРИМЕЧАНИЕ

Функции ПРОЦЕНТИЛЬ и ПРОЦЕНТРАНГ легко перепутать. Для упрощения, функция ПРОЦЕНТИЛЬ возвращает значение данных, в то время как функция ПРОЦЕНТРАНГ возвращает процентное отношение.

**Как найти второе наибольшее или второе наименьшее число в наборе данных?**

$k$ -е наибольшее число в диапазоне ячеек вычисляется по формуле =НАИБОЛЬШИЙ(массив;  $k$ ).  $k$ -е наименьшее число в диапазоне ячеек вычисляется по фор-

муле `=НАИМЕНЬШИЙ(массив; k)`. Например, в файле `Trimmean.xlsx` в ячейке `F1` по формуле `=НАИБОЛЬШИЙ(C4:C62;2)` вычисляется второе наибольшее число в диапазоне ячеек `C4:C62` (99), а в ячейке `F2` по формуле `=НАИМЕНЬШИЙ(C4:C62;2)` вычисляется второе наименьшее число в диапазоне ячеек `C4:C62` (80) — рис. 42.7.

	C	D	E	F	G	H
1					2-ой наибольший результат	99
2					2-ой наименьший результат	80
3	Баллы	Ранг	Средний ранг		урезанное среднее 10%	90,04
4	93	20	21,5		урезанное среднее 5%	90,02
5	84	48	49			
6	88	38	39			
7	100	1	1			
8	86	45	45,5			
9	86	45	45,5	93	20-23	
10	95	12	14	94	17-19	
11	92	24	24,5			
12	88	38	39			
13	94	17	18			
14	97	5	6,5			
15	91	26	27			
16	92	24	24,5			
17	95	12	14			
18	93	20	21,5			
19	80	56	57,5			

Рис. 42.7. Примеры функций `НАИБОЛЬШИЙ`, `НАИМЕНЬШИЙ`, `РАНГ`.`PB`, `РАНГ`.`CP` и `УРЕЗСРЕДНЕЕ`

### Как можно ранжировать числа в наборе данных?

Для ранжирования чисел в наборе данных в предыдущих версиях Excel использовалась функция `РАНГ` (`RANK`). Синтаксис этой функции: `РАНГ(число;массив;0)`. В Microsoft Excel 2010 была представлена функция `РАНГ`.`PB` (`RANK.EQ`), возвращающая результаты, аналогичные результатам функции `РАНГ`. Эта функция возвращает ранг числа в заданном массиве, в котором наибольшему числу присвоен ранг 1, второму наибольшему числу присвоен ранг 2 и т. д. По формуле `=РАНГ(число;массив;1)` или `=РАНГ`.`PB(число;массив;1)` ранг 1 присваивается наименьшему числу в массиве, ранг 2 — второму наименьшему числу и т. д. В файле `Trimmean.xlsx` (см. рис. 42.7) по формуле `=РАНГ`.`PB(C4;C$4:C$62;0)`, скопированной из ячейки `D4` в ячейки `D5:D62`, вычисляется ранг каждого контрольного отсчета. Например, 100 очков в ячейке `C7` являются наибольшим значением, а 98 очков, повторяющиеся в ячейках `C21` и `C22`, — третьим по величине значением. Обратите внимание, что функция `РАНГ`.`PB` возвратила ранг 3 для обоих значений 98 очков.

Функция `РАНГ`.`CP` (`RANK.AVG`) имеет тот же синтаксис, что и другие функции `РАНГ`, но в случае повторов функция `РАНГ`.`CP` возвращает средний ранг для всех повторяющихся точек данных. Например, поскольку 98 очков имеют ранг третий и четвертый, функция `РАНГ`.`CP` возвращает ранг 3,5 в каждом случае. Средние ранги были вычислены по формуле `=РАНГ`.`CP(C4;C$4:C$62;0)`, скопированной из ячейки `E4` в ячейки `E5:E62`.

### Что такое урезанное среднее набора данных?

Чрезмерная асимметрия набора данных может исказить среднее значение набора данных. В таких ситуациях, как правило, в качестве меры среднего уровня используется медиана. Однако на медиану многие изменения в данных не оказывают влияния. Например, сравните следующие два набора данных:

- ◆ набор 1: -5, -3, 0, 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15;
- ◆ набор 2: -20, -18, -15, -10, -8, 5, 6, 7, 8, 9, 10.

Эти наборы данных имеют одинаковые медианы (5), но второй набор должен иметь более низкий уровень среднего, чем первый. Функция `УРЕЗСРЕДНЕЕ` (`TRIMMEAN`) менее подвержена искажениям экстремальными значениями, чем функция `СРЗНАЧ` (`AVERAGE`), но она больше зависит от экстремальных значений, чем медиана. По формуле `=УРЕЗСРЕДНЕЕ(массив; доля)` вычисляется среднее набора данных после отбрасывания половины доли наибольших и половины доли наименьших значений точек данных. В Excel при определении числа отбрасываемых точек данных выполняется округление в меньшую сторону до числа кратного 2. Например, функция `УРЕЗСРЕДНЕЕ` с долей 10% пересчитывает среднее после удаления 5% наибольших и 5% наименьших данных. В файле `Trimmean.xlsx` в ячейке `н3` по формуле `=УРЕЗСРЕДНЕЕ(С4:С62;0,10)` вычисляется среднее для баллов в ячейках `С4:С62` после отбрасывания двух наибольших и двух наименьших значений. Отбрасываются четыре наблюдения, поскольку  $0,1 \times 59 = 5,9$  округляется в меньшую сторону до четырех. (Урезанное среднее равно 90,04.) В ячейке `н4` по формуле `=УРЕЗСРЕДНЕЕ(С4:С62;0,05)` вычисляется среднее (90,02) для баллов в ячейках `С4:С62` после отбрасывания наибольшего и наименьшего значения. Отбрасываются два наблюдения, поскольку  $0,05 \times 59 = 2,95$  округляется в меньшую сторону до двух (см. рис. 42.7).

### Существует ли быстрый способ получить для выбранного диапазона ячеек различные статистики, описывающие данные в этих ячейках?

Для решения проблемы выделите в файле `Trimmean.xlsx` ячейки `С4:С36`. В правом нижнем углу экрана в строке состояния Excel отображается статистика, описывающая числа в выделенном диапазоне ячеек (рис. 42.8). Например, в диапазоне ячеек `С4:С36` содержится 33 числа, среднее значение равно 90,39, наименьшее значение равно 80, а наибольшее — 100. Отображаемый набор статистик можно изменить, если щелкнуть правой кнопкой мыши по строке состояния.

СРЕДНЕЕ: 90,39393939	КОЛИЧЕСТВО: 33	СУММА: 2983
----------------------	----------------	-------------

Рис. 42.8. Статистики в строке состояния

### Почему финансовые аналитики часто определяют средний доход по акциям с помощью среднего геометрического?

Файл `Geommean.xlsx` содержит годовые доходы по двум фиктивным акциям (рис. 42.9).

	В	С	Д
3			
4		Акция 1	Акция 2
5	Год 1	0,05	-0,5
6	Год 2	0,05	0,7
7	Год 3	0,05	-0,5
8	Год 4	0,05	0,7
9	Среднее	0,05	0,1
10			
11		1+доход	
12		1,05	0,5
13		1,05	1,7
14		1,05	0,5
15		1,05	1,7
16	среднее геометрическое	0,05	-0,07805

Рис. 42.9. Среднее геометрическое

В ячейках C9 и D9 указаны средние годовые доходы: по первой акции — 5% и по второй акции — 10%. Казалось бы, вторая акция является более выгодной инвестицией. Однако если внимательно посмотреть, со второй акцией в первый год вы теряете 50% и на следующий год получаете 70%. Это означает, что каждые два года 1,00 доллар превращается в  $1 \times (1,7) \times (0,5) = 0,85$  долларов. Поскольку с первой акцией вы никогда не теряете деньги, очевидно, что она является более выгодной инвестицией. Среднее геометрическое как мера среднего годового дохода позволяет сделать правильный вывод о выгоде инвестирования в первую акцию. Среднее геометрическое  $n$  чисел — это просто корень  $n$ -й степени из произведения этих чисел. Например, среднее геометрическое для 1 и 4 равно квадратному корню из 4, т. е. 2, а среднее геометрическое для 1, 2 и 4 равно корню кубическому из 8 (также 2). Для использования среднего геометрического при вычислении среднего годового дохода от инвестиций, необходимо добавить 1 к каждому годовому доходу и взять среднее геометрическое от получившихся в результате чисел. Затем вычесть 1 из результата и получить оценку среднего годового дохода по акции.

Функция СРГЕОМ (GEOMMEAN) возвращает среднее геометрическое для чисел в заданном диапазоне. Таким образом, для вычисления среднего годового дохода по каждой акции необходимо выполнить следующее:

1. Вычислить каждую сумму (1 + годовой доход) путем копирования формулы =1+C5 из ячейки C12 в ячейки C12:D15.
2. Скопировать формулу =СРГЕОМ(C12:C15)-1 из ячейки C16 в ячейку D16.

Средний годовой доход по первой акции оценивается в 5%, а средний годовой доход по второй акции — в -7,8%. Обратите внимание, что если вторая акция приносит средний доход -7,8% два года подряд, 1 доллар превращается в  $1 \times (1 - 0,078) \times 2 = 0,85$  долларов в полном соответствии со здравым смыслом.

## Задания

1. Получите описательную статистику для данных о доходности акций Intel и GE в файле Stock.xlsx.
2. Сравните ежемесячные доходы по акциям Intel и GE на основе результатов, полученных в задании 1.
3. Компания City Power&Light производит оборудование для регулировки напряжения в Нью-Йорке и отправляет его в Чикаго. Регулятор напряжения считается годным, если он поддерживает напряжение от 25 до 75 вольт. Напряжение, поддерживаемое каждым устройством, измеряется в Нью-Йорке перед отправкой. После доставки оборудования в Чикаго напряжение измеряется снова. Результаты замеров напряжения в каждом городе приведены в файле Citypower.xlsx.
  - С помощью описательной статистики прокомментируйте то, что вы узнали о поддерживаемом регуляторами напряжении до и после доставки.
  - Каков процент годных устройств до и после доставки?
  - Выскажите предложения по повышению качества регуляторов напряжения, производимых компанией City Power&Light.
  - Какое значение напряжения было превышено десятью процентами регуляторов при измерении в Нью-Йорке?
  - Какое значение напряжения не было превышено пятью процентами регуляторов при измерении в Нью-Йорке?
4. В файле Decadeincome.xlsx приведены примеры доходов (в тысячах долларов 1980 г.) для нескольких семей в 1980 и 1990 гг. Предположим, что эти семьи являются репрезентативными для США. Республиканцы утверждают, что в 1990 г. страна стала богаче, чем в 1980 г., поскольку средний доход семьи увеличился. Согласны ли вы с этим утверждением?
5. С помощью описательной статистики сравните годовые доходы по акциям, значаейским векселям и корпоративным облигациям. Данные см. в файле Historicalinvest.xlsx.
6. В 1970 и 1971 гг. комплектование вооруженных сил США проводилось на основе лотереи. Лотерейный номер определялся по дню рождения. В общей сложности 366 шаров, по одному на каждый день года, поместили в контейнер и встряхнули. Первый выбранный шар получил в лотерее номер 1, второй шар — номер 2 и т. д. Мужчины, чьи дни рождения соответствовали меньшим номерам, были призваны первыми. В файле Draftlottery.xlsx содержатся фактические результаты лотерей 1970 и 1971 гг. Например, дата 1 января в лотерее 1970 г. получила номер 305. С помощью описательной статистики продемонстрируйте, что выбор шаров в лотерее набора на воинскую службу в 1970 г. не был случайным, а в 1971 г. — был случайным. (Подсказка: вычислите среднее и медиану лотерейного номера для каждого месяца с помощью функций СРЗНАЧ и МЕДИАНА.)

7. В файле *Jordan.xlsx* приведены начальные зарплаты (гипотетические) всех выпускников-географов 1984 г. Университета Северной Каролины. Какова, по вашему мнению, типичная начальная зарплата выпускника-географа? В действительности в 1984 г. самая высокая средняя начальная зарплата была у географов, потому что великий баскетболист Майкл Джордан специализировался в университете в географии!
8. С помощью функции **НАИБОЛЬШИЙ** (*LARGE*) или **НАИМЕНЬШИЙ** (*SMALL*) отсортируйте ежегодные доходы по акциям в файле *Historicalinvest.xlsx*. В чем преимущество этого метода сортировки по сравнению с использованием инструмента **Сортировка** (*Sort*)?
9. Сравните среднее, медиану и урезанное среднее (с урезанием 10% данных) для акций, казначейских векселей и корпоративных облигаций в файле *Historicalinvest.xlsx*.
10. С помощью геометрического среднего оцените средний годовой доход по акциям, облигациям и казначейским векселям в файле *Historicalinvest.xlsx*.
11. В файле *Dow.xlsx* содержатся данные о ежемесячных доходах по 30 акциям крупнейших корпораций США за последние 20 лет. С помощью этих данных определите три акции с наибольшим средним ежемесячным доходом.
12. Для данных в файле *Dow.xlsx* определите три акции с самым высоким риском или изменчивостью.
13. Для данных в файле *Dow.xlsx* определите три акции с самой большой асимметрией.
14. Для данных в файле *Dow.xlsx* определите, насколько урезанные средние доходы (с урезанием 10% доходов) отличаются от общих средних доходов?
15. В файле *Incomedata.xlsx* находятся доходы из репрезентативной выборки американцев в 1975, 1985, 1995 и 2005 гг. Опишите, как изменились личные доходы американцев за этот период.
16. В файле *Coltsdata.xlsx* содержатся данные о ярдах, "заработанных" командой *Indianapolis Colts* в 2006 г. при пробежках с мячом и пасах. Опишите отличие в результатах пробежек и пассивов.





# Сводные таблицы и срезы для описания данных

### Обсуждаемые вопросы

- ◆ Что такое сводная таблица?
- ◆ Как с помощью сводной таблицы обобщить данные о продажах продовольственных товаров в нескольких продуктовых магазинах?
- ◆ Какие макеты сводных таблиц доступны в Microsoft Excel 2013?
- ◆ Почему сводные таблицы называются сводными таблицами?
- ◆ Как быстро изменить формат в сводной таблице?
- ◆ Как свернуть и развернуть поля?
- ◆ Как сортировать и фильтровать поля сводной таблицы?
- ◆ Как обобщить данные в сводной таблице с помощью сводной диаграммы?
- ◆ Для чего предназначена область **ФИЛЬТРЫ** в сводной таблице?
- ◆ Как работают срезы сводной таблицы?
- ◆ Как добавить пустые строки или скрыть промежуточные итоги в сводной таблице?
- ◆ Как применить к сводной таблице условное форматирование?
- ◆ Как обновить вычисления при добавлении новых данных?
- ◆ Я работаю в небольшой турфирме, которая собирается выполнить массовую рассылку брошюры о путешествиях. Наши средства ограничены, поэтому необходимо отправить брошюру тем, кто тратит на путешествия больше денег. В случайной выборке для 925 человек содержится информация о поле, возрасте и суммах, израсходованных на путешествия в прошлом году. Как с помощью этих данных определить влияние пола и возраста на расходы на путешествия? Какие выводы можно сделать о типе потенциального клиента, которому следует отправить брошюру по почте?
- ◆ Я провожу маркетинговое исследование об автомобилях-универсалах. Мне необходимо определить, какие факторы влияют на вероятность покупки семьей автомобиля-универсала. В большой выборке семей имеется информация о составе семьи (многодетная или нет) и о семейном доходе (высокий или низкий доход). Как определить влияние состава семьи и размера семейного дохода на вероятность покупки семьей автомобиля-универсала?

- ◆ Я работаю в компании-производителе микрочипов, продающихся по всему миру. Ежемесячно я получаю данные о фактических и прогнозируемых объемах продаж первого, второго и третьего чипа в Канаде, Франции и Соединенных Штатах. Я также получаю расхождение или разницу между фактической выручкой и выручкой, заложенной в бюджет. Для каждого месяца и каждой комбинации "страна — продукт" необходимо отобразить следующие данные: фактическая выручка, выручка, заложенная в бюджет, фактическое расхождение, фактическая выручка как процент от годового дохода и расхождение как процент от выручки, заложенной в бюджет. Каким образом можно отобразить эту информацию?
- ◆ Что такое вычисляемое поле?
- ◆ Для чего предназначен фильтр отчета и срез?
- ◆ Как сгруппировать элементы в сводной таблице?
- ◆ Что такое вычисляемый объект?
- ◆ Что такое "детализация"?
- ◆ Мне часто приходится определять прибыль по конкретным данным в сводной таблице, например, по объему продаж первого чипа во Франции в апреле. К сожалению, при добавлении новых данных в сводную таблицу необходимые мне данные перемещаются. Существует ли в Excel функция, позволяющая всегда извлекать из сводной таблицы объем продаж первого чипа во Франции в апреле?
- ◆ Как применить временную шкалу, новый инструмент Microsoft Excel 2013, для обобщения данных за разные периоды времени?
- ◆ Как с помощью сводной таблицы получить нарастающий итог общего объема продаж для каждого периода года?
- ◆ Как с помощью сводной таблицы сравнить объем продаж за месяц с объемом продаж за тот же месяц предыдущего года?
- ◆ Как создать сводную таблицу на основе данных из нескольких местоположений?
- ◆ Как создать сводную таблицу на основе уже созданной сводной таблицы?

## Ответы на вопросы в начале главы

---

В этом разделе приведены ответы на вопросы, перечисленные в начале главы.

### Что такое сводная таблица?

В многочисленных бизнес-ситуациях требуется проанализировать данные или создать срез данных для получения важной информации. Предположим, что различные продовольственные товары продаются в различных магазинах в разное время. Вероятно, при этом требуется отследить сотни тысяч точек данных. Обобщить такие данные так быстро, насколько это вообще возможно, позволяют сводные таблицы. Например, для данных по продуктовым магазинам с помощью сводной таблицы можно быстро определить следующее:

- ◆ сумму расходов в год в каждом магазине на каждый продукт;
- ◆ общую сумму расходов для каждого магазина;
- ◆ общую сумму расходов для каждого года.

В качестве другого примера подойдет туристическое агентство, для которого можно создать срез данных, позволяющий определить, зависит ли средняя сумма, затрачиваемая на путешествия, от возраста или от пола или от обоих факторов. При анализе ситуации с покупкой автомобиля можно сравнить долю многодетных семей, покупающих автомобиль-универсал с долей небольших семей, приобретающих такой автомобиль. В примере с производителем микрочипов можно определить общий объем продаж первого чипа во Франции, например, в апреле и т. д. Сводная таблица является невероятно мощным инструментом для получения среза данных. Самый простой способ изучения сводных таблиц состоит в выполнении нескольких тщательно подготовленных примеров — так что за работу! Начнем с вводного примера, а затем рассмотрим несколько дополнительных свойств сводных таблиц на последующих примерах.

### Как с помощью сводной таблицы обобщить данные о продажах продовольственных товаров в нескольких продуктовых магазинах?

В файле Groceriespttemp.xlsx на листе `data` хранится более 900 строк данных о продажах (рис. 43.1). Каждая строка содержит количество проданных единиц продукции и выручку, полученную от продажи продукта в магазине, а также месяц и год продажи. Данные также включают группу продуктов (фрукты, молоко, хлопья или мороженое). Требуется предоставить разбивку данных о продажах за каждый год по каждой группе продуктов и каждому продукту в каждом магазине. Необходимо также показать эту разбивку для любых указанных месяцев в заданном году (например, продажи с января по июнь).

Перед созданием сводной таблицы необходимо поместить заголовки в первую строку данных. Обратите внимание, что данные о продовольственных товарах содержат заголовки (Год, Месяц, Магазин, Группа, Продукт, Количество и Выручка) в строке 1. Поместите курсор в какую-либо ячейку данных и затем на вкладке **ВСТАВКА** (INSERT) в группе **Таблицы** (Tables) выберите **Сводная таблица** (PivotTable). Откроется диалоговое окно **Создание сводной таблицы** (Create PivotTable), показанное на рис. 43.2, с предполагаемым диапазоном данных. (В нашем случае правильный диапазон данных `A1:G923` был определен автоматически.) Положение переключателя **Использовать внешний источник данных** (Use an external data source) позволяет указать базу данных как источник данных для сводной таблицы. Модель данных, новинка в Microsoft Excel 2013, подробно описана в *главе 44*.

После нажатия кнопки **ОК** появится панель **Поля сводной таблицы** (PivotTable Fields), показанная на рис. 43.3.

Список полей сводной таблицы заполняется путем перетаскивания заголовков сводной таблицы или полей в нужную область. Этот шаг имеет решающее значение для обеспечения требуемого обобщения данных и отображения его итогов.

Далее приводится описание всех четырех областей.

- ◆ **СТРОКИ (ROWS).** Поля, перетаскиваемые в эту область, перечисляются на левой стороне таблицы в том порядке, в котором они были добавлены. Например, можно перетащить поля Год, Группа, Продукт и Магазин в указанном порядке в об-

	A	B	C	D	E	F	G
1	Год	Месяц	Магазин	Группа	Продукт	Количество	Выручка
2	2007	August	south	milk	low fat	805	\$ 3 187,80
3	2007	March	south	ice cream	Edies	992	\$ 3 412,48
4	2007	January	east	milk	skim	712	\$ 1 808,48
5	2006	March	north	ice cream	Edies	904	\$ 2 260,00
6	2006	January	south	ice cream	Edies	647	\$ 2 076,87
7	2005	September	west	fruit	plums	739	\$ 1 707,09
8	2006	March	east	milk	low fat	974	\$ 2 181,76
9	2007	June	north	fruit	apples	615	\$ 1 894,20
10	2007	July	west	fruit	cherries	714	\$ 1 856,40
11	2006	May	south	cereal	Special K	703	\$ 1 553,63
12	2005	June	west	ice cream	Edies	528	\$ 2 064,48
13	2006	October	east	cereal	Raisin Bran	644	\$ 1 809,64
14	2005	June	south	fruit	grapes	919	\$ 2 196,41
15	2007	May	west	milk	skim	767	\$ 1 932,84
16	2007	June	west	cereal	Raisin Bran	984	\$ 1 987,68
17	2005	March	south	cereal	Raisin Bran	744	\$ 2 217,12
18	2007	September	east	ice cream	Edies	693	\$ 2 189,88
19	2006	October	east	milk	chocolate	658	\$ 1 895,04
20	2005	November	east	ice cream	Breyers	878	\$ 3 274,94
21	2005	May	south	ice cream	Breyers	848	\$ 3 281,76
22	2007	August	south	milk	low fat	547	\$ 1 247,16

Рис. 43.1. Данные для создания сводной таблицы по продовольственным товарам

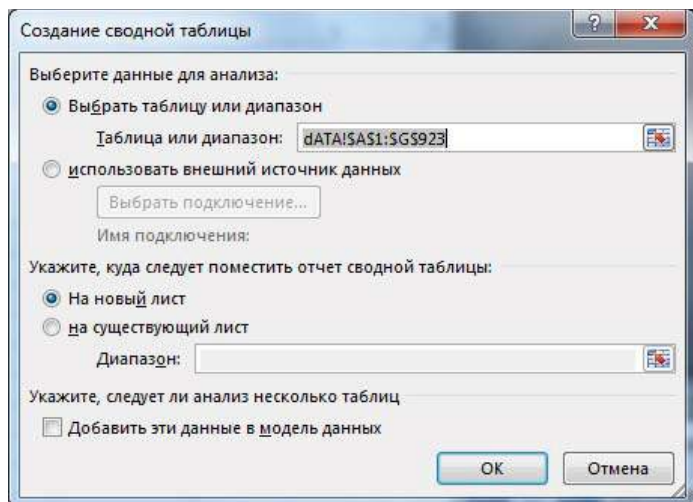


Рис. 43.2. Диалоговое окно Создание сводной таблицы

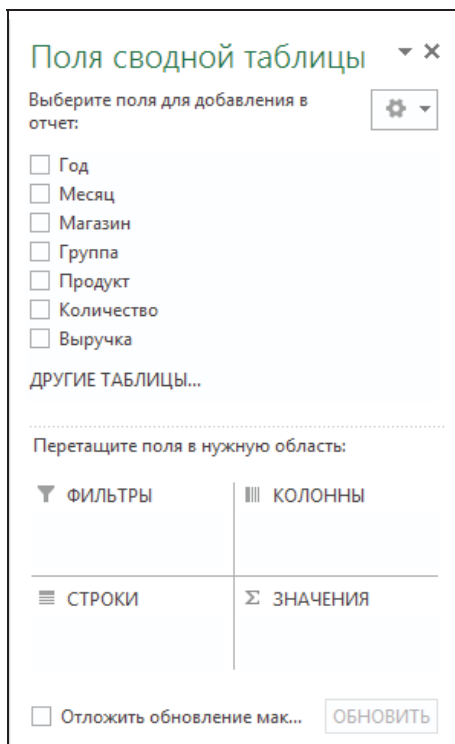


Рис. 43.3. Список полей сводной таблицы

ласть **СТРОКИ** (ROWS). Это приведет к обобщению данных в Excel сначала по годам, потом по каждой группе продуктов в заданном году, затем по продуктам в каждой группе и, наконец, по магазинам для каждого продукта. В любой момент можно перетащить поле в другую область или переупорядочить поля внутри области, перетащив поле вверх или вниз либо нажав стрелку справа от имени поля.

- ◆ **КОЛОННЫ** (COLUMNS). Значения для полей, перетаскиваемых в эту область, перечисляются в верхней строке сводной таблицы. Для данного примера поля в области **КОЛОННЫ** (COLUMNS) отсутствуют.
- ◆ **ЗНАЧЕНИЯ** (VALUES). Значения для полей, перетаскиваемых в эту область, в таблице суммируются математически. В эту область были помещены поля **Количество** и **Выручка** (именно в таком порядке). В Excel автоматически определяется тип расчета, который необходимо выполнить в поле. В данном примере предполагается, что поля **Количество** и **Выручка** должны быть просуммированы, и это правильное предположение. Если метод расчета для поля данных необходимо заменить на другой, например **Среднее**, **Максимум** и т. д., щелкните на указанном методе расчета и в появившемся меню выберите **Параметры полей значений** (Value Field Settings). Пример изменения параметров полей значений рассмотрен далее в этой главе. Если из списка полей выбрано числовое поле, оно автоматически добавляется в область **ЗНАЧЕНИЯ** (VALUES) и к нему применяется метод расчета **Сумма** (Sum). Если из списка выбрано нечисловое поле, оно автоматически помещается в область **СТРОКИ** (ROWS).

◆ **ФИЛЬТРЫ** (FILTERS). Эта область получила свое новое название вместо **Страницы** (Pages), начиная с Microsoft Excel 2007. Для полей, перетаскиваемых в эту область, можно выбрать любое подмножество значений, так что в сводной таблице будут отображены только расчеты на основе выбранного подмножества. В данном примере в область **ФИЛЬТРЫ** (FILTERS) перемещено поле *Месяц*. Теперь можно выбрать любое подмножество месяцев, например, с января по июнь, и расчеты будут выполнены с учетом только этих месяцев.

Заполненные области с полями сводной таблицы показаны на рис. 43.4. Результирующая сводная таблица представлена на рис. 43.5 и на листе *All Row Fields* в файле *Groceriespt.xlsx*. В строке 5 показано, что 243 228 единиц продукта были проданы за 728 218,68 долларов в 2005 г.

**Поля сводной таблицы**

Выберите поля для добавления в отчет:

- Год
- Месяц
- Магазин
- Группа
- Продукт
- Количество
- Выручка

Перетащите поля в нужную область:

<b>ФИЛЬТРЫ</b> Месяц	<b>КОЛОННЫ</b> Σ Значения
<b>СТРОКИ</b> Год Группа Продукт Магазин	<b>ЗНАЧЕНИЯ</b> Сумма по полю Количество Сумма по полю Выручка

Отоложить обновление макета ОБНОВИТЬ

Рис. 43.4. Заполненные области с полями сводной таблицы

	A	B	C
1	Месяц	(Все)	
2			
3	Значения		
4	Названия строк	Сумма по полю Количество	Сумма по полю Выручка
5	2005	243228	728218,68
6	cereal	63689	192172,93
7	Cheerios	11163	32993,1
8	east	1645	5055,8
9	north	1639	4988
10	south	3265	9216,47
11	west	4614	13732,83
12	Raisin Bran	35797	105793,04
13	east	6226	19500,19
14	north	8458	22822,23
15	south	8989	26069,35
16	west	12124	37401,27
17	Special K	16729	53386,79
18	east	2289	5998,21
19	north	4172	14956,36
20	south	3366	11339,47
21	west	6902	21092,75
22	fruit	60047	182813,88
23	apples	14535	48127,74

Рис. 43.5. Сводная таблица по продовольственным товарам в сжатой форме

### СОВЕТЫ

Далее приведено несколько советов по переходу между листами книги.

- С помощью комбинации клавиш <Ctrl>+<PageUp> можно перейти назад на один лист.
- С помощью комбинации клавиш <Ctrl>+<PageDn> можно перейти вперед на один лист.
- После нажатия правой кнопкой мыши на стрелочку слева от имени первого листа появляется окно со списком имен листов, из которого можно перейти на любой лист книги.

### ПРИМЕЧАНИЕ

Для просмотра списка полей необходимо поместить курсор в поле сводной таблицы. Если список на листе не виден, щелкните правой кнопкой мыши по любой ячейке в сводной таблице и выберите в контекстном меню команду **Показать список полей** (Show Field List).

### Какие макеты сводных таблиц доступны в Microsoft Excel 2013?

Макет сводной таблицы, показанный на рис. 43.5, называется сжатой формой. В сжатой форме поля строк показаны одно над другим. Для изменения макета сначала щелкните внутри таблицы, а затем на вкладке **КОНСТРУКТОР** (DESIGN) в группе **Макет** (Layout) откройте список **Макет отчета** (Report Layout) и выберите один из следующих макетов: **Показать в сжатой форме** (Show In Compact



Form), как на рис. 43.5, **Показать в форме структуры** (Show In Outline Form), как на рис. 43.6 и листе Outline Form, или **Показать в табличной форме** (Show In Tabular Form), как на рис. 43.7 и листе Tabular Form.

	A	B	C	D	E	F
1	Месяц	(Все) ▾				
2						
3	Значения					
4	Год ▾	Группа ▾	Продукт ▾	Магазин ▾	Сумма по полю Количество	Сумма по полю Выручка
5	2005				243228	728218,68
6		cereal			63689	192172,93
7			Cheerios		11163	32993,1
8				east	1645	5055,8
9				north	1639	4988
10				south	3265	9216,47
11				west	4614	13732,83
12			Raisin Bran		35797	105793,04
13				east	6226	19500,19
14				north	8458	22822,23
15				south	8989	26069,35
16				west	12124	37401,27
17			Special K		16729	53386,79
18				east	2289	5998,21
19				north	4172	14956,36
20				south	3366	11339,47
21				west	6902	21092,75
22			fruit		60047	182813,88

Рис. 43.6. Сводная таблица по продовольственным товарам в форме структуры

	A	B	C	D	E	F
1	Месяц	(Все) ▾				
2						
3	Значения					
4	Год ▾	Группа ▾	Продукт ▾	Магазин ▾	Сумма по полю Количество	Сумма по полю Выручка
5	2005	cereal	Cheerios	east	1645	5055,8
6				north	1639	4988
7				south	3265	9216,47
8				west	4614	13732,83
9			Cheerios Итор		11163	32993,1
10			Raisin Bran	east	6226	19500,19
11				north	8458	22822,23
12				south	8989	26069,35
13				west	12124	37401,27
14			Raisin Bran Итор		35797	105793,04
15			Special K	east	2289	5998,21
16				north	4172	14956,36
17				south	3366	11339,47
18				west	6902	21092,75
19			Special K Итор		16729	53386,79
20		cereal Итор			63689	192172,93
21		fruit	apples	east	1229	3972,44
22				north	3734	13631,83

Рис. 43.7. Сводная таблица по продовольственным товарам в табличной форме

## Почему сводные таблицы называются сводными таблицами?

Сводная таблица (PivotTable) называется так потому, что ее поля можно быстро повернуть вокруг оси, т. е. переместить из строки в столбец и наоборот, и создать другой макет. Например, после перетаскивания поля Год в область **СТОЛБЦЫ** (COLUMNS) получится макет сводной таблицы, показанный на рис. 43.8 (см. лист Years Column).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Месяц	(Все)							
2									
3		Названия столбцов							
4		Сумма по полю Количество		Сумма по полю Выручка		Итого Сумма по полю Количество		Итого Сумма по полю Выручка	
5	Названия строк	2005	2006	2007	2005	2006	2007		
6	⊙ cereal	63689	52489	58671	192172,93	150710	172829	174849	515711,89
7	⊙ Cheerios	11163	16142	13652	32993,1	46657,49	38617,12	40957	118267,71
8	east	1645	5237	4795	5055,8	13311,86	13938,21	11677	32305,87
9	north	1639	3027	4207	4988	10199,31	11409,85	8873	26597,16
10	south	3265	6424	3064	9216,47	18450,16	8635,3	12753	36301,93
11	west	4614	1454	1586	13732,83	4696,16	4633,76	7654	23062,75
12	⊙ Raisin Bran	35797	24056	27715	105793,04	69391,29	81254,09	87568	256438,42
13	east	6226	6021	3905	19500,19	15550,29	12574,91	16152	47625,39
14	north	8458	7505	8366	22822,23	23099,35	25008,01	24329	70929,59
15	south	8989	6015	5329	26069,35	16593,97	16632,9	20333	59296,22
16	west	12124	4515	10115	37401,27	14147,68	27038,27	26754	78587,22
17	⊙ Special K	16729	12291	17304	53386,79	34661,22	52957,75	46324	141005,76
18	east	2289	3700	5361	5998,21	9154,5	15712,79	11350	30865,5
19	north	4172	2570	3789	14956,36	8665,32	12736,82	10531	36358,5
20	south	3366	3436	5826	11339,47	9125,62	17647,74	12628	38112,83
21	west	6902	2585	2328	21092,75	7715,78	6860,4	11815	35668,93
22	⊙ fruit	60047	53910	61816	182813,88	157192,4	189616,3	175773	529622,52

Рис. 43.8. Поле Год перенесено в область СТОЛБЦЫ

## Как быстро изменить формат в сводной таблице?

Если необходимо изменить формат всего столбца, дважды щелкните на заголовке столбца и в появившемся диалоговом окне **Параметры поля значений** (Value Field Settings) нажмите кнопку **Числовой формат** (Number Format). Примените любой требуемый формат. Например, на листе Formatted \$s к полю Revenue (Выручка) после двойного щелчка по заголовку Sum Of Revenue (Сумма по полю Выручка) применен денежный формат. Кроме того, формат поля значений можно изменить следующим способом: на панели **Поля сводной таблицы** (PivotTable Fields) в области **ЗНАЧЕНИЯ** (VALUE) нажмите стрелку справа от поля значений. Выберите **Параметры полей значений** (Value Field Settings), нажмите кнопку **Числовой формат** (Number Format) и затем переформатируйте столбец.

Из любой ячейки в сводной таблице можно открыть на ленте вкладку **КОНСТРУКТОР** (DESIGN) и выбрать один из множества стилей сводной таблицы.

## Как свернуть и развернуть поля?

Сворачивание и разворачивание полей (функция, введенная в Microsoft Excel 2007) является большим преимуществом сводных таблиц. На рис. 43.5 можно увидеть знак "минус" (–) возле каждого года, группы продуктов и продукта. При нажатии

на знак "минус" поле сворачивается, и знак "минус" заменяется знаком "плюс" (+). При нажатии на знак "плюс" поле разворачивается. Например, если нажать на знак "минус" возле группы продуктов cereal (хлопья) в любой из таких ячеек столбца А, то для каждого года информация о хлопьях будет сжата до одной строки, и конкретные продукты и магазины не будут внесены в список (рис. 43.9 и лист Cerealcollapse). При нажатии на знак "плюс" в ячейке А6 снова появится подробная информация о продажах по каждому виду хлопьев.

	A	B	C
1	Месяц	(Все) ▾	
2			
3	Значения		
4	Названия строк ▾	Сумма по полю Количество	Сумма по полю Выручка
5	[-] 2005	243228	728218,68
6	[-] cereal	63689	192172,93
7	[-] fruit	60047	182813,88
8	[-] apples	14535	48127,74
9	east	1229	3972,44
10	north	3734	13631,83
11	south	4317	14763,88
12	west	5255	15759,59
13	[-] cherries	11083	32042,39
14	east	1646	4051,22
15	north	3701	11087,14
16	south	3277	9092,92
17	west	2459	7811,11
18	[-] grapes	20005	60126,15
19	east	4811	13052,68
20	north	4865	14698,63
21	south	6268	20474,65
22	west	4061	11900,19
23	[-] plums	14424	42517,6
24	east	2216	7497,52
25	north	1515	5055,55

Рис. 43.9. Элемент cereal свернут

Аналогично можно развернуть или свернуть все поле. Перейдите в любую ячейку, содержащую элемент этого поля, и на вкладке **АНАЛИЗ** (ANALYZE) в группе **Активное поле** (Active Field) нажмите кнопку **Развернуть поле** (Expand Field) с зеленым знаком "плюс" или **Свернуть поле** (Collapse Field) с красным знаком "минус" (рис. 43.10).

Например, предположим, что необходимо просмотреть только объемы продаж по группам продуктов за каждый год. Выберите любую ячейку, содержащую имя группы (например, А6), и в группе **Активное поле** (Active Field) нажмите кнопку **Свернуть поле** (Collapse Field). Результат представлен на рис. 43.11 (и на листе Groups Collapsed). С помощью кнопки **Развернуть поле** (Expand Field) можно привести таблицу в прежний вид.

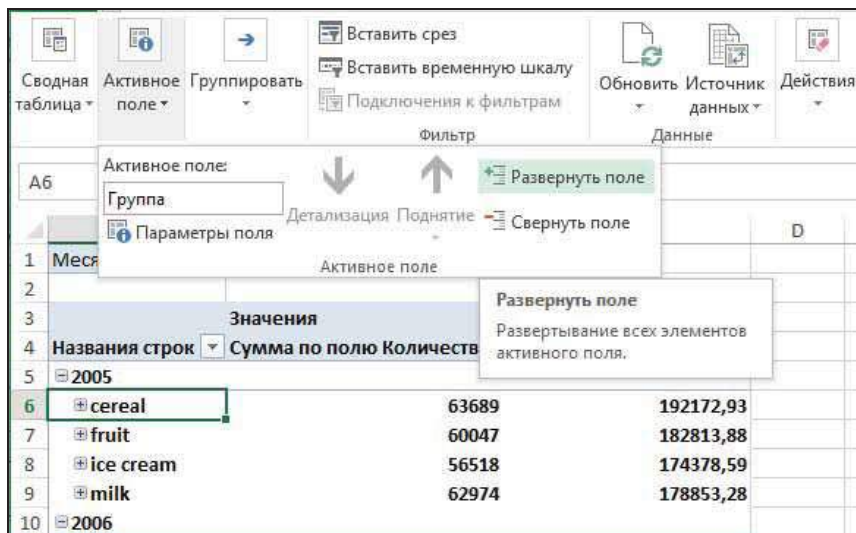


Рис. 43.10. Кнопки Развернуть поле и Свернуть поле

	A	B	C
1	Месяц	(Все)	
2			
3	Значения		
4	Названия строк	Сумма по полю Количество	Сумма по полю Выручка
5	2005	243228	728218,68
6	+ cereal	63689	192172,93
7	+ fruit	60047	182813,88
8	+ ice cream	56518	174378,59
9	+ milk	62974	178853,28
10	2006	216738	637719,85
11	+ cereal	52489	150710
12	+ fruit	53910	157192,37
13	+ ice cream	56222	167211,04
14	+ milk	54117	162606,44
15	2007	233161	702395,82
16	+ cereal	58671	172828,96
17	+ fruit	61816	189616,27
18	+ ice cream	55693	169327,53
19	+ milk	56981	170623,06
20	Общий итог	693127	2068334,35

Рис. 43.11. Поле Группа свернуто

### Как сортировать и фильтровать поля сводной таблицы?

На рис. 43.5 продукты перечислены внутри каждой группы в алфавитном порядке. Например, Cheerios — первый из указанных видов хлопьев. Если требуется перечислить продукты в обратном порядке, просто установите курсор в одну из ячеек, содержащих название продукта (например, на листе All Row Fields ячейка A7 содержит название Cheerios), и нажмите стрелку раскрывающегося списка **Названия**

**строка** (Row Labels) в ячейке А4. Появится список параметров фильтрации, показанный на рис. 43.12. Выберите **Сортировка от Я до А** (Sort Z To A). В списке хлопьев первыми окажутся хлопья Special K, в группе Milk — цельное молоко (whole milk), в группе Fruit — сливы (plums) и т. д.

Первоначально в сводной таблице результаты отображались за 2005 г., затем за 2006 г. и, наконец, за 2007 г. Если необходимо сначала просматривать данные за 2007 г., передвиньте курсор в любую ячейку, в которой указан год (например, в А5), щелкните правой кнопкой мыши и выберите команду **Сортировка** (Sort), затем **Сортировка по возрастанию** (Sort Largest To Smallest).

Любое подмножество продуктов, информацию о котором требуется отобразить, также можно выбрать в нижней части диалогового окна фильтрации. Сначала снимите флажок **Выделить все** (Select All) и затем выберите требуемые продукты.

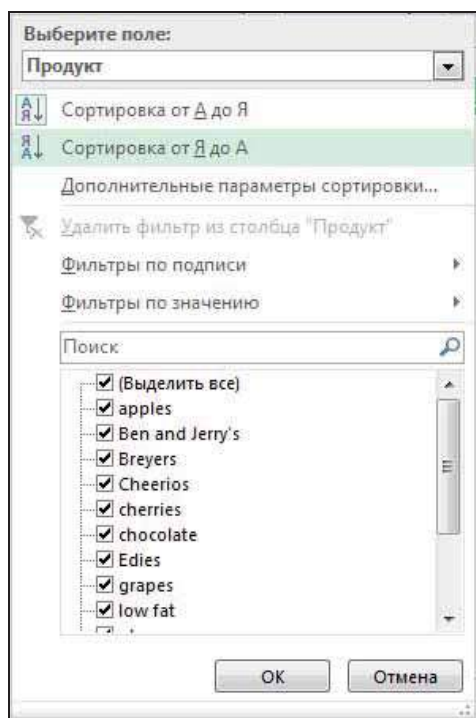


Рис. 43.12. Параметры фильтрации сводной таблицы для поля **Продукт**

	F	G	H
4	Клиент	Оплата	Квартал
5	20	8048	4
6	6	7398	4
7	10	5280	2
8	28	3412	3
9	8	3316	1
10	17	821	2
11	4	7024	3
12	20	1379	1
13	27	1924	2
14	23	631	3
15	28	9743	4
16	8	8192	2
17	19	875	1
18	3	9803	4
19	24	7344	3
20	13	6114	1
21	9	6728	4
22	2	4554	1
23	16	8230	4
24	25	1296	1
25	30	4179	1

Рис. 43.13. Данные для сводной таблицы по клиентам

Другой пример фильтрации находится в файле Pcustomers.xlsx на листе **Data**, показанном на рис. 43.13. На листе содержатся номера клиентов, уплаченные суммы и указаны кварталы, в которых была получена оплата за каждую сделку клиента. Перетащите поле **Клиент** в область **СТРОКИ** (ROWS), поле **Квартал** в область **КОЛОННЫ** (COLUMNS) и поле **Оплата** в область **ЗНАЧЕНИЯ** (VALUES). Появится сводная таблица, показанная на рис. 43.14. (См. в файле Pcustomers.xlsx лист Ptable.)

	A	B	C	D	E	F
3	Сумма по полю Оплата	Названия столбцов				
4	Названия строк		1	2	3	4 Общий итог
5	1		30965	42039	57790	43417 174211
6	2		96038	121118	59089	45355 321600
7	3		57419	33589	61960	97548 250516
8	4		48947	79352	63052	59520 250871
9	5		57270	86555	69517	33471 246813
10	6		75639	71976	55212	78644 281471
11	7		53130	65768	49064	89018 256980
12	8		33289	74001	45219	43512 196021
13	9		61611	99009	61075	50945 272640
14	10		31785	71213	60417	63835 227250
15	11		59127	35567	62130	107832 264656
16	12		71862	21670	67312	63558 224402
17	13		100626	56058	39500	75109 271293
18	14		74240	63023	36217	77218 250698
19	15		30612	62277	45561	52567 191017
20	16		41870	71490	64909	57120 235389
21	17		61811	85706	46978	40802 235297
22	18		24456	44916	55519	81421 206312
23	19		89591	53157	37558	38247 218553

Рис. 43.14. Сводная таблица по клиентам

Предположим, что требуется просмотреть список только 10 основных клиентов. Для получения такого макета нажмите стрелку раскрывающегося списка **Названия строк** (Row Labels) и выберите **Фильтры по значению** (Value Filters). Затем выберите **Первые 10** (Top 10 Items) для создания макета, показанного на рис. 43.15. (См. лист Top 10 cus.) Безусловно, выбрав **Очистить фильтр** (Clear Filter), можно вернуться к исходному макету.

Допустим, необходимо просмотреть список основных клиентов, приносящих 50% дохода. Нажмите стрелку раскрывающегося списка **Названия строк** (Row Labels)

	A	B	C	D	E	F
3	Сумма по полю Оплата	Названия столбцов				
4	Названия строк		1	2	3	4 Общий итог
5	2		96038	121118	59089	45355 321600
6	6		75639	71976	55212	78644 281471
7	9		61611	99009	61075	50945 272640
8	11		59127	35567	62130	107832 264656
9	13		100626	56058	39500	75109 271293
10	20		68349	104140	35083	69424 276996
11	22		31149	77333	104364	65664 278510
12	23		87124	56387	63290	71953 278754
13	27		45214	89826	56302	71285 262627
14	28		53737	69938	73471	69135 266281
15	Общий итог		678614	781352	609516	705346 2774828

Рис. 43.15. Десять основных клиентов

и выберите **Фильтры по значению** (Value Filters). Затем выберите **Первые 10** (Top 10 Items) и заполните данными диалоговое окно, показанное на рис. 43.16.

Результирующая сводная таблица представлена на листе Top Half (рис. 43.17). Как видно из рисунка, чуть более половины дохода приносят 14 основных клиентов.

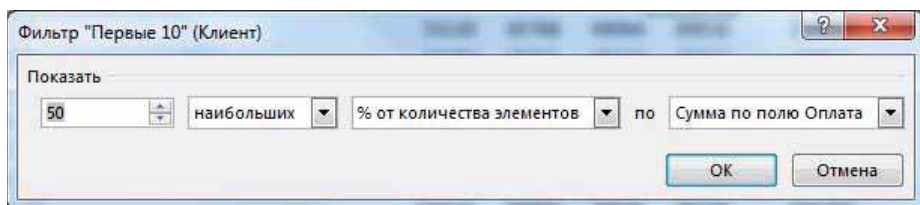


Рис. 43.16. Диалоговое окно **Фильтр "Первые 10" (Клиент)** для просмотра списка клиентов, приносящих 50% дохода

	A	B	C	D	E	F
3	Сумма по полю Оплата	Названия столбцов				
4	Названия строк		1	2	3	4 Общий итог
5	2		96038	121118	59089	45355 321600
6	3		57419	33589	61960	97548 250516
7	4		48947	79352	63052	59520 250871
8	6		75639	71976	55212	78644 281471
9	7		53130	65768	49064	89018 256980
10	9		61611	99009	61075	50945 272640
11	11		59127	35567	62130	107832 264656
12	13		100626	56058	39500	75109 271293
13	14		74240	63023	36217	77218 250698
14	20		68349	104140	35083	69424 276996
15	22		31149	77333	104364	65664 278510
16	23		87124	56387	63290	71953 278754
17	27		45214	89826	56302	71285 262627
18	28		53737	69938	73471	69135 266281
19	Общий итог		912350	1023084	819809	1028650 3783893

Рис. 43.17. Основные клиенты, приносящие половину дохода

Теперь предположим, что необходимо отсортировать клиентов по доходу за первый квартал. (См. лист Sorted q1.) Щелкните правой кнопкой мыши в какой-либо ячейке столбца с оплатой за 1 квартал, выберите **Сортировка** (Sort), затем **Сортировка по возрастанию** (Sort Largest To Smallest). Результирующая сводная таблица показана на рис. 43.18. Обратите внимание, что в первом квартале больше всех заплатил клиент с номером 13, вторым был клиент с номером 2 и т. д.

### Как обобщить данные в сводной таблице с помощью сводной диаграммы?

Excel позволяет визуальнo обобщить данные сводных таблиц с помощью сводных диаграмм. Ключом к требуемому представлению данных в сводной диаграмме является сортировка данных, а также сворачивание и разворачивание полей. Предположим, что в примере с продовольственными товарами необходимо отследить во

	A	B	C	D	E	F
3	Сумма по полю Оплата		Названия столбцов			
4	Названия строк	1	2	3	4	Общий итог
5	13	100626	56058	39500	75109	271293
6	2	96038	121118	59089	45355	321600
7	19	89591	53157	37558	38247	218553
8	23	87124	56387	63290	71953	278754
9	21	77336	37476	51815	57065	223692
10	6	75639	71976	55212	78644	281471
11	14	74240	63023	36217	77218	250698
12	12	71862	21670	67312	63558	224402
13	20	68349	104140	35083	69424	276996
14	17	61811	85706	46978	40802	235297
15	9	61611	99009	61075	50945	272640
16	26	59994	70594	50446	44050	225084
17	30	59599	64192	44335	42944	211070
18	11	59127	35567	62130	107832	264656
19	3	57419	33589	61960	97548	250516
20	5	57270	86555	69517	33471	246813
21	28	53737	69938	73471	69135	266281
22	7	53130	65768	49064	89018	256980

Рис. 43.18. Клиенты отсортированы по доходам за первый квартал

времени тенденции изменения объемов продаж для товаров каждой группы. (См. в файле Groceriespt.xlsx лист Chart 2.) Для этого следует перетащить поле Год в область **СТРОКИ** (ROWS) и удалить поле Выручка из области **ЗНАЧЕНИЯ** (VALUES). Также необходимо свернуть все поле Группа в столбце **Названия строк** (Row Labels) и затем на панели **Поля сводной таблицы** (PivotTable Fields) перетащить поле Группа в область **КОЛОННЫ** (COLUMNS). Теперь все готово для создания сводной диаграммы. Установите курсор в какую-либо ячейку сводной таблицы и на вкладке **АНАЛИЗ** (ANALYZE) выберите **Сводная диаграмма** (PivotChart). Затем выберите тип создаваемой диаграммы. В этом примере выбран четвертый вариант **График** (Line Graph), показанный на рис. 43.19. Как видно из графика, продажи молока были самыми высокими в 2005 г. и самыми низкими в 2006 г.

### Для чего предназначена область **ФИЛЬТРЫ** в сводной таблице?

Напомним, что в область **ФИЛЬТРЫ** (FILTERS) сводной таблицы было помещено поле Месяц. Рассмотрим применение фильтров на следующем примере. Предположим, что необходимо обобщить данные о продажах с января по июнь. На листе First 6 months нажмите стрелку раскрывающегося списка и выберите месяцы с января по июнь. Результирующая сводная таблица представлена на рис. 43.20, в ней обобщены данные продаж по продуктам, группам и годам для месяцев с января по июнь.

### Как работают срезы сводной таблицы?

При работе с фильтрами возникает следующая проблема: во время просмотра сводной таблицы на рис. 43.20 невозможно быстро определить, что в ней представлены



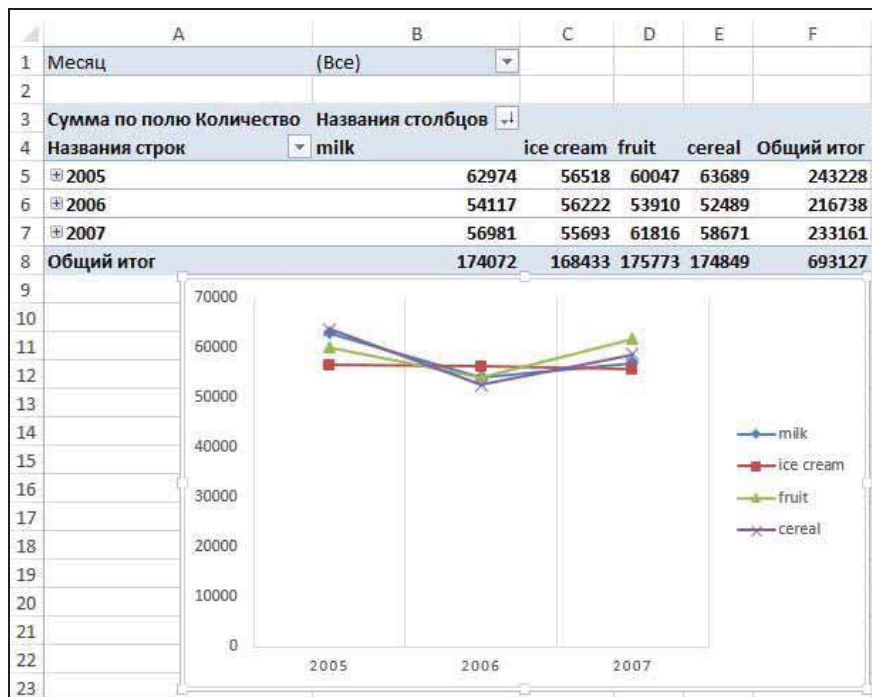


Рис. 43.19. Сводная диаграмма тенденций изменения объемов продаж для групп товаров

Месяц	(несколько элементов)		
Значения			
Названия строк	Сумма по полю	Количество	Сумма по полю Выручка
2007		117942	355025,04
milk		30069	89222,68
chocolate		4875	14077,99
west		2014	5839,06
south		736	2141,76
north		1437	4136,37
east		688	1960,8
low fat		9447	27341,25
west		3285	10732,35
south		531	1062
north		3905	10212,44
east		1726	5334,46
skim		10182	30450,57
west		2156	6169,53
south		2778	8881,2

Рис. 43.20. Сводная таблица с данными продаж с января по июнь

данные, относящиеся к периоду с января по июнь. Эта проблема решается с помощью такого инструмента, как срез (введенного впервые в Microsoft Excel 2010). Для создания среза по любому столбцу данных, формирующему сводную таблицу, щелкните кнопкой мыши внутри таблицы и на вкладке **ВСТАВКА** (INSERT) в группе **Фильтры** (Filters) выберите **Срез** (Slicer). См. в файле Groceriespt.xlsx лист Slicers. В диалоговом окне **Вставка срезов** выберите **Месяц** и **Продукт** для создания срезов по этим полям. При создании сводной таблицы срезы позволяют выбрать любое подмножество возможных значений. В срезе **Месяц** выбраны месяцы с января по июнь (по одному при нажатой клавише <Ctrl>). Для среза **Продукт** фильтр не установлен, так что данные представлены на основе всех продаж с января по июнь. Срезы показаны на рис. 43.21.

1	Месяц	(несколько элементов)							
2	Значения								
4	Названия строк	Сумма по полю Количество	Сумма по полю Выручка						
5	2007	117942	355025,04	Месяц	Продукт				
6	milk	30069	89222,68	April	apples				
7	chocolate	4875	14077,99	August	Ben and Jerry's				
8	west	2014	5839,06	December	Breyers				
9	south	736	2141,76	February	Cheerios				
10	north	1437	4136,37	January	cherries				
11	east	688	1960,8	July	chocolate				
12	low fat	9447	27341,25	June	Edies				
13	west	3285	10732,35	March	grapes				
14	south	531	1062						
15	north	3905	10212,44						
16	east	1726	5334,46						
17	skim	10182	30450,57						
18	west	2156	6169,53						

Рис. 43.21. Срезы для полей **Месяц** и **Продукт**

Кроме того, срез для поля можно добавить, если щелкнуть правой кнопкой мыши по имени поля на панели **Поля сводной таблицы** (PivotTable Fields) и выбрать в контекстном меню **Добавить как срез** (Add As Slicer).

Если выделить срез, то на ленте, на вкладке **Параметры** (Options) можно выбрать параметры форматирования, позволяющие изменить его внешний вид. Например, можно изменить высоту и ширину, а также количество столбцов в срезе. Кроме того, размеры среза можно быстро изменить, потянув за его стороны или углы.

### Как добавить пустые строки или скрыть промежуточные итоги в сводной таблице?

Если необходимо добавить пустые строки между элементами группы, на вкладке **КОНСТРУКТОР** (DESIGN) в группе **Пустые строки** (Blank Rows) выберите **Вставить пустую строку после каждого элемента** (Insert Blank Line After Each Item). Если необходимо скрыть промежуточные или общие итоги, на вкладке **КОНСТРУКТОР** (DESIGN) в группе **Промежуточные итоги** (Subtotals) или в группе **Общие итоги** (Grand Totals) выберите соответствующие строки. После добавления пустых строк и скрытия всех итогов получится таблица, представлен-

ная в файле Groceriespt.xlsx на листе Blank rows no totals (рис. 43.22). Щелкните правой кнопкой мыши в любой ячейке сводной таблицы и выберите команду **Параметры сводной таблицы** (PivotTable Options). Откроется диалоговое окно **Параметры сводной таблицы** (PivotTable Options), в котором также можно снять или установить флажки для отображения общих итогов.

	А	В	С
1	Месяц	(Все)	
2			
3	Значения		
4	Названия строк	Сумма по полю Количество	Сумма по полю Выручка
5	2007		
6	milk		
7	chocolate		
8	west	4379	12668,95
9	south	1545	4528,31
10	north	2322	7579,02
11	east	2184	5791,1
12			
13	low fat		
14	west	4668	15042,24
15	south	2431	7606,76
16	north	7957	23490,32
17	east	2517	7762,83
18			
19	skim		
20	west	3571	9951,37
21	south	2778	8881,2
22	north	3594	10792,09
23	east	4839	14609,52
24			

Рис. 43.22. Сводная таблица без итогов

### Как применить к сводной таблице условное форматирование?

Предположим, что требуется применить гистограмму к столбцу *Количество* в сводной таблице продуктовых товаров. Проблема заключается в том, что промежуточным и общим итогам соответствуют слишком большие столбики гистограммы, из-за чего столбики, соответствующие остальным данным, меньше, чем они должны быть. В таком случае гистограмму следует применить только к ячейкам, содержащим количество проданных продуктов, но не к промежуточным и общим итогам. (См. в файле Groceriespt.xlsx лист *Cond form.*) Для применения гистограммы только к данным о количестве проданных продуктов сначала щелкните в любой ячейке, содержащей объем продаж какого-либо продукта (например, шоколадного молока в ячейке В7). На вкладке **ГЛАВНАЯ** (HOME) выберите **Условное форматирование** (Conditional Formatting), затем **Гистограммы** (Data Bars) и **Другие правила** (More Rules). Появится диалоговое окно **Создание правила форматирования** (New Formatting Rule), как на рис. 43.23.

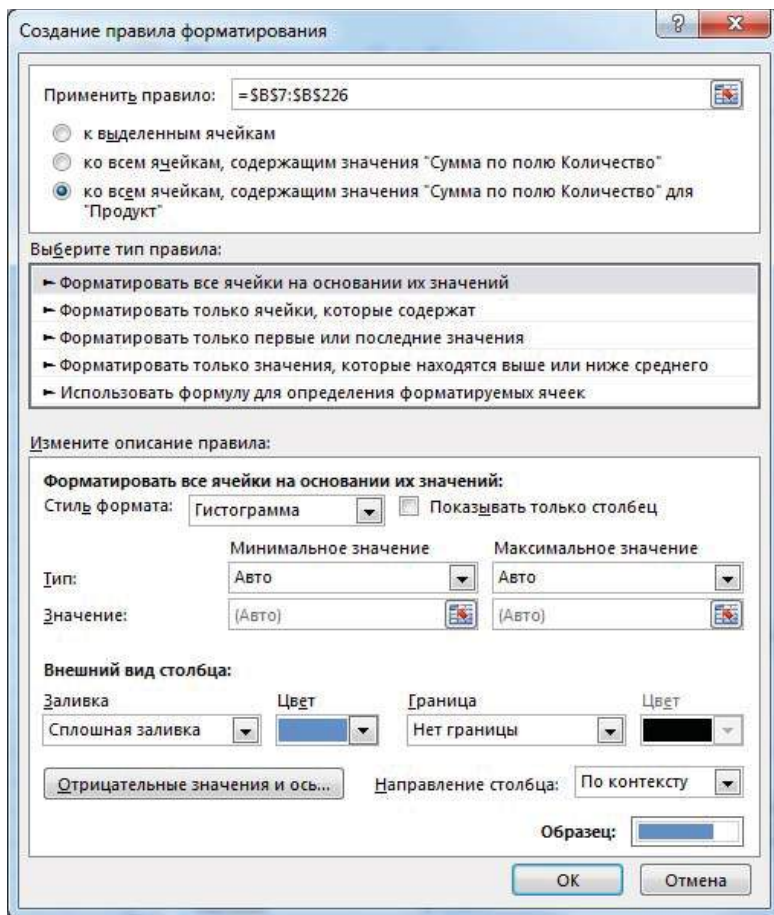


Рис. 43.23. Диалоговое окно Создание правила форматирования для условного форматирования сводной таблицы

Положение переключателя **ко всем ячейкам, содержащим значения "Сумма по полю Количество" для "Продукт"** и выбор диапазона  $B7:B226$  обеспечат применение гистограммы только к тем ячейкам, в которых указано количество проданных продуктов (см. лист *Cond form* и рис. 43.24).

### Как обновить вычисления при добавлении новых данных?

Если данные в исходных строках изменились, для обновления в сводной таблице измененных данных щелкните правой кнопкой мыши по таблице и в контекстном меню выберите **Обновить** (Refresh). Группу **Обновить** (Refresh) можно также найти на вкладке **АНАЛИЗ** (ANALYZE).

Если при обновлении нужно автоматически включать добавляемые данные в расчеты сводной таблицы, необходимо определить исходный набор данных как таблицу данных, выделив ее с помощью клавиш  $\langle \text{Ctrl} \rangle + \langle \text{T} \rangle$ . (Дополнительную информацию см. в главе 25.)

	A	B	C
1	Месяц	(Все)	
2			
3	Значения		
4	Названия строк	Сумма по полю Количество	Сумма по полю Выручка
5	2007	233161	702395,82
6	milk	56981	170623,06
7	chocolate	10430	30567,38
8	west	4379	12668,95
9	south	1545	4528,31
10	north	2322	7579,02
11	east	2184	5791,1
12	low fat	17573	53902,15
13	west	4668	15042,24
14	south	2431	7606,76
15	north	7957	23490,32
16	east	2517	7762,83
17	skim	14782	44234,18
18	west	3571	9951,37
19	south	2778	8881,2
20	north	3594	10792,09
21	east	4839	14609,52
22	whole	14196	41919,35
23	west	3252	8311,84
24	south	1562	4495,15

Рис. 43.24. Гистограмма в сводной таблице

Для изменения диапазона данных, используемого при создании сводной таблицы, можно на вкладке **АНАЛИЗ** (ANALYZE) выбрать **Источник данных** (Data Source) и указать в диалоговом окне новый диапазон. Кроме того, можно переместить таблицу в другое место, выбрав **Переместить** (Move) в группе **Действия** (Actions).

**Я работаю в небольшой турфирме, которая собирается выполнить массовую рассылку брошюры о путешествиях. Наши средства ограничены, поэтому необходимо отправить брошюру тем, кто тратит на путешествия больше денег. В случайной выборке для 925 человек содержится информация о поле, возрасте и суммах, израсходованных на путешествия в прошлом году. Как с помощью этих данных определить влияние пола и возраста на расходы на путешествия? Какие выводы можно сделать о типе потенциального клиента, которому следует отправить брошюру по почте?**

Для более четкого представления данных необходимо определить следующие разбивки:

- ◆ средняя сумма, израсходованная на путешествия с учетом пола;
- ◆ средняя сумма, израсходованная на путешествия в каждой возрастной группе;
- ◆ средняя сумма, израсходованная на путешествия в каждой возрастной группе с учетом пола.

На рис. 43.25 представлена часть данных из файла Traveldata.xlsx (см. лист Data). Например, первым в списке идет 44-летний мужчина, затративший на путешествия 997 долларов.

	A	B	C
2	Израсходованная сумма	Возраст	Пол
3	997	44	M
4	850	39	F
5	997	43	M
6	951	41	M
7	993	50	F
8	781	39	F
9	912	45	F
10	649	59	M
11	1265	25	M
12	680	38	F
13	800	41	F
14	613	32	F
15	993	46	F
16	1059	38	M
17	939	42	F
18	841	44	F
19	828	38	F
20	1004	50	F

Рис. 43.25. Данные турфирмы о возрасте, поле и суммах, затраченных на путешествия

Сначала определим разбивку расходов согласно полу. На вкладке **ВСТАВКА** (INSERT) выберите **Сводная таблица** (PivotTable). Укажите диапазон A2:D927. Нажмите кнопку **ОК** и установите курсор внутри таблицы для отображения списка полей. Затем перетащите поле **Пол** в область **СТРОКИ** (ROWS) и поле **Израсходованная сумма** в область **ЗНАЧЕНИЯ** (VALUES). Результирующая сводная таблица представлена на рис. 43.26.

	A	B
1		
2		
3	Названия строк	Сумма по полю Израсходованная сумма
4	F	413632
5	M	426387
6	Общий итог	840019

Рис. 43.26. Сводная таблица общих расходов на путешествия с учетом пола

Как видно из заголовка, это общие суммы, истраченные на путешествия, а фактически требуется определить средние суммы, истраченные на путешествия мужчинами и женщинами. Для вычисления этих величин дважды щелкните по заголовку **Сумма по полю Израсходованная сумма** в сводной таблице (не в списке полей!) и затем в диало-

в окне **Параметры поля значений** (Value Field Settings) выберите **Среднее** (Average), как показано на рис. 43.27.

Результат представлен на рис. 43.28.

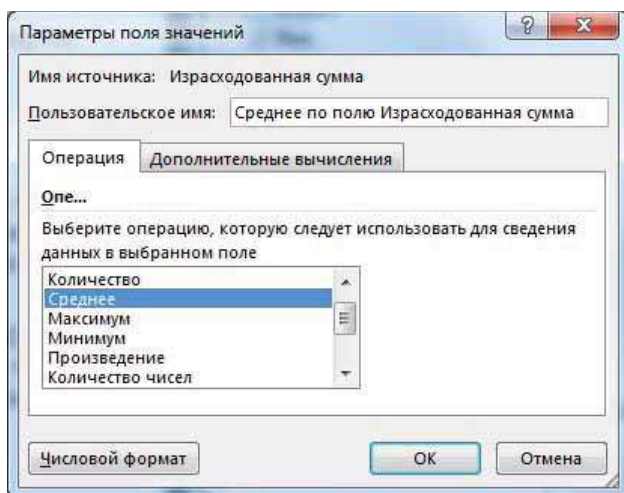


Рис. 43.27. Выбор другой обобщающей функции в диалоговом окне **Параметры поля значений**

	A	B
1		
2		
3	Названия строк ▾	Среднее по полю Израсходованная сумма
4	F	901,1590414
5	M	914,9935622
6	Общий итог	908,1286486

Рис. 43.28. Средние расходы на путешествия с учетом пола

В среднем люди тратят на путешествия по 908,13 долларов. Женщины тратят в среднем 901,16 долларов, а мужчины — 914,99 долларов. Эта сводная таблица показывает, что пол мало влияет на склонность к путешествиям. Нажав на стрелку раскрывающегося списка **Названия строк** (Row Labels), можно с помощью фильтра отобразить результаты только по мужчинам или только по женщинам.

Теперь необходимо узнать, как расходы на путешествия зависят от возраста. Для разбивки по возрасту из области **СТРОКИ** (ROWS) удалите поле **Пол** и перетащите в область **СТРОКИ** (ROWS) поле **Возраст**. Появившаяся сводная таблица представлена на рис. 43.29.

Кажется, что и возраст мало влияет на расходы на путешествия. Фактически эта сводная таблица бесполезна в своем нынешнем состоянии. Необходимо сгруппировать данные по возрасту для поиска каких-либо тенденций. Для группирования результатов по возрасту щелкните правой кнопкой мыши в любом месте столбца, в котором указан возраст, и выберите **Группировать** (Group). В диалоговом окне

	A	B
1		
2		
3	Названия строк	Среднее по полю Израсходованная сумма
4	25	948,9666667
5	26	889,04
6	27	1061,16
7	28	960,952381
8	29	814
9	30	877,3333333
10	31	1038,904762
11	32	876,875
12	33	913,2592593
13	34	920,2916667
14	35	886,1176471
15	36	859,173913
16	37	904,1666667
17	38	913,8

Рис. 43.29. Сводная таблица расходов на путешествия с учетом возраста

**Группирование** (Grouping), показанном на рис. 43.30, можно определить возрастные группы. Если указать шаг 10 лет, появится сводная таблица, представленная на рис. 43.31, а.

В среднем 25—34-летние люди тратят на путешествия по 935,84 долларов, 55—64-летние — по 903,57 долларов и т. д. Эта таблица более информативна, но она все еще показывает, что люди всех возрастов, как правило, тратят примерно одинаковые суммы на путешествия. Такой вид данных не позволяет определить, кому следует оправить брошюру.

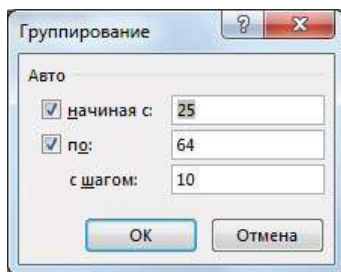


Рис. 43.30. Диалоговое окно параметров группирования

Наконец, получим разбивку средних расходов на путешествия по возрасту для мужчин и женщин отдельно. Для этого следует перетащить поле **Пол** в область **КОЛОННЫ** (COLUMNS). Результирующая таблица приведена на рис. 43.31, б. (См. лист Final Table.)

Это то, что требовалось! Как видно из рисунка, с возрастом женщины тратят на путешествия больше, а мужчины — меньше. Теперь понятно, кому следует рассылать брошюры: пожилым женщинам и молодым мужчинам. Как сказал один студент: "Это был бы своеобразный кризис!"



	A	B
1		
2		
3	Названия строк	Среднее по полю Израсходованная сумма
4	25-34	935,8355556
5	35-44	895,7180617
6	45-54	897,9955752
7	55-64	903,5668016
8	Общий итог	908,1286486

а

	A	B	C	D
1				
2				
3	Среднее по полю Израсходованная сумма	Названия столбцов		
4	Названия строк	F	M	Общий итог
5	25-34	585,4752475	1221,209677	935,8355556
6	35-44	790,1652174	1004,098214	895,7180617
7	45-54	979,4782609	813,5765766	897,9955752
8	55-64	1179,609375	606,6470588	903,5668016
9	Общий итог	901,1590414	914,9935622	908,1286486

б

Рис. 43.31. Сводная таблица расходов на путешествия:  
а — по возрастным группам; б — по возрастным группам и с учетом пола

Итоги анализа можно представить в виде диаграммы. Установите курсор внутри сводной таблицы и на вкладке **АНАЛИЗ** (ANALYZE) выберите **Сводная диаграмма** (PivotChart). Появится меню рекомендуемых диаграмм. Здесь из меню выбран первый вариант — **Гистограмма** (Clustered Column). Результирующая диаграмма показана на рис. 43.32. Если в дальнейшем потребуется отредактировать диаграмму, откройте вкладку **КОНСТРУКТОР** (PIVOTCHART TOOLS) для сводной диаграммы. На ней можно выбрать макет, добавить названия для диаграммы и осей, а также внести другие изменения.

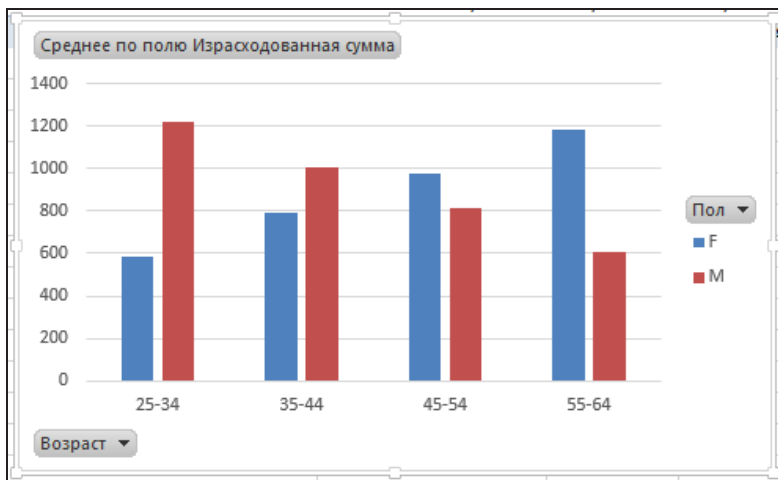


Рис. 43.32. Сводная диаграмма для разбивки расходов на путешествия по возрасту и полу

Каждая возрастная группа тратит на путешествия примерно одинаковую сумму, но с возрастом женщины тратят больше, чем мужчины. Для изменения типа диаграммы щелкните правой кнопкой мыши по диаграмме и в контекстном меню выберите **Изменить тип диаграммы** (Chart Type).

Обратите внимание, что высота столбиков, отображающих расходы мужчин на путешествия, с увеличением возраста уменьшается, а высота столбиков, соответствующих суммам затрат женщин на путешествия, с увеличением возраста растёт. Рисунок показывает, почему сводные таблицы, отображающие данные согласно только возрасту или только полу, не позволили заметить эту закономерность. Оказалось, что средняя сумма затрат не зависит от возраста, поскольку выборочная совокупность содержит поровну мужчин и женщин. (Следует отметить, что средняя высота обоих столбиков для каждого возраста практически одна и та же.) Оказалось также, что средняя сумма расходов мужчин и женщин примерно одинакова. Это видно, поскольку усредненные по всем возрастам синие и красные столбики имеют приблизительно одинаковую высоту. Срез данных одновременно по возрасту и полу позволил разглядеть, как реально обстоят дела.

Следует также отметить, что при помощи раскрывающегося списка **Возраст** можно отфильтровать диаграмму по возрасту, а при помощи списка **Пол** — по полу.

**Я провожу маркетинговое исследование об автомобилях-универсалах. Мне необходимо определить, какие факторы влияют на вероятность покупки семьей автомобиля-универсала. В большой выборке семей имеется информация о составе семьи (большая или маленькая) и семейном доходе (высокий или низкий). Как определить влияние состава семьи и размера семейного дохода на вероятность покупки семьей автомобиля-универсала?**

В файле Station.xlsx представлена следующая информация:

- ◆ семья большая или небольшая (Large или Small);
- ◆ уровень семейного дохода высокий или низкий (High или Low);
- ◆ купила ли семья автомобиль-универсал (Yes или No).

Часть выборки данных показана на рис. 43.33 (см. лист Data). Например, первая указанная семья — это небольшая семья с высоким уровнем дохода, не купившая автомобиль-универсал.

Требуется определить, как размер семьи и уровень дохода влияют на вероятность покупки семьей автомобиля-универсала. При решении этой задачи необходимо проследить влияние уровня дохода на покупку универсала для каждого размера семьи и влияние размера семьи на покупку универсала для каждого уровня дохода.

Сначала на вкладке **ВСТАВКА** (INSERT) выберите **Сводная таблица** (Pivot Table), а затем выделите данные (диапазон ячеек B2:D345). На панели **Поля сводной таблицы** (PivotTable Fields) перетащите поля **Размер семьи** и **Уровень дохода** в область **СТРОКИ** (ROWS), поле **Универсал?** — в область **КОЛОННЫ** (COLUMNS) и любое из трех полей в область **ЗНАЧЕНИЯ** (VALUES). Сводная таблица с результатами представлена на рис. 43.34. (См. лист 1st Table.) Обратите внимание, что обобщение

данных в Excel произведено должным образом автоматически путем подсчета числа наблюдений в каждой категории. Например, 34 больших семьи с высоким уровнем дохода не купили универсал, а 100 больших семей с высоким уровнем дохода купили.

	B	C	D
2	Универсал?	Размер семьи	Уровень дохода
3	No	Small	High
4	Yes	Large	High
5	Yes	Large	High
6	Yes	Large	High
7	Yes	Large	High
8	No	Small	High
9	Yes	Large	High
10	Yes	Large	High
11	Yes	Large	Low
12	Yes	Large	High
13	Yes	Large	Low
14	No	Small	Low
15	No	Small	Low
16	No	Small	High
17	Yes	Large	High
18	Yes	Large	High
19	No	Small	High
20	Yes	Large	High

Рис. 43.33. Данные об уровне дохода, размере семьи и покупке автомобиля-универсала

	A	B	C	D
3	Количество по полю Универсал?	Названия столбцов		
4	Названия строк	No	Yes	Общий итог
5	Large		48 138	186
6	High		34 100	134
7	Low		14 38	52
8	Small		147 10	157
9	High		104 8	112
10	Low		43 2	45
11	Общий итог		195 148	343

Рис. 43.34. Обобщение данных о покупке автомобиля-универсала согласно размеру семьи и уровню дохода

Предположим, что в каждой строке сводной таблицы необходимо указать процент семей, купивших автомобиль-универсал. Для отображения данных в таком формате щелкните правой кнопкой мыши по любой ячейке сводной таблицы, содержащей значение, и затем в контекстном меню выберите **Параметры полей значений** (Value Fields Settings). Появится диалоговое окно **Параметры поля значений** (Value Field Settings). В нем на вкладке **Дополнительные вычисления** (Show Values As) в раскрывающемся списке **Дополнительные вычисления** (Show Values

As) выберите **% от суммы по строке (% Of Row)**. Сводная таблица примет вид, как показано на рис. 43.35. (См. лист 1st Percent Breakdown.)

Как видно из рис. 43.35, и в больших, и в маленьких семьях влияние уровня дохода на вероятность покупки автомобиля-универсала незначительно. Теперь необходимо определить влияние размера семьи на склонность к покупке универсала в семьях с высоким и низким уровнем дохода. Для этого внутри области **СТРОКИ (ROWS)** поместите поле **Уровень дохода** над полем **Размер семьи**, что приведет к появлению сводной таблицы, показанной на рис. 43.36. (См. лист Final Percent Breakdown.)

	A	B	C	D
3	Количество по полю Универсал?	Названия столбцов		
4	Названия строк	No	Yes	Общий итог
5	Large	25,81%	74,19%	100,00%
6	High	25,37%	74,63%	100,00%
7	Low	26,92%	73,08%	100,00%
8	Small	93,63%	6,37%	100,00%
9	High	92,86%	7,14%	100,00%
10	Low	95,56%	4,44%	100,00%
11	Общий итог	56,85%	43,15%	100,00%

Рис. 43.35. Процентная разбивка данных о покупке автомобиля-универсала по уровню дохода для больших и маленьких семей

	A	B	C	D
3	Количество по полю Универсал?	Названия столбцов		
4	Названия строк	No	Yes	Общий итог
5	High	56,10%	43,90%	100,00%
6	Large	25,37%	74,63%	100,00%
7	Small	92,86%	7,14%	100,00%
8	Low	58,76%	41,24%	100,00%
9	Large	26,92%	73,08%	100,00%
10	Small	95,56%	4,44%	100,00%
11	Общий итог	56,85%	43,15%	100,00%

Рис. 43.36. Процентная разбивка данных о покупке автомобиля-универсала по размеру семьи для высокого и низкого уровня дохода

Как видно из таблицы, для семей с высоким уровнем дохода покупка автомобиля-универсала намного вероятнее в больших семьях, чем в маленьких. Аналогично, для семей с низким уровнем дохода покупка универсала также более вероятна в больших семьях. Суть в том, что размер семьи имеет гораздо больше влияния на вероятность покупки автомобиля-универсала, чем уровень дохода.

**Я работаю в компании-производителе микрочипов, продающихся по всему миру. Ежемесячно я получаю данные о фактических и прогнозируемых объемах продаж трех чипов в Канаде, Франции и Соединенных Штатах. Я также получаю расхождение или разницу между фактической выручкой и выручкой,**

заложенной в бюджет. Для каждого месяца и каждой комбинации "страна — продукт" необходимо отобразить следующие данные: фактическая выручка, выручка, заложенная в бюджет, фактическое расхождение, фактическая выручка как процент от годового дохода и расхождение как процент от выручки, заложенной в бюджет. Каким образом можно отобразить эту информацию?

В этом сценарии руководитель финансовой службы компании-производителя микрочипов продает продукцию в различных странах и регионах в разные периоды. Сводные таблицы позволяют представить эти данные в простом для понимания формате.

Файл Ptableexample.xlsx содержит данные о ежемесячных фактических продажах и продажах, заложенных в бюджет, в 1997 г. для чипов Chip 1, Chip 2 и Chip 3 в Канаде, Франции и США. В файле также указана дисперсия или разница между фактической выручкой и выручкой, заложенной в бюджет. Часть этих данных представлена на рис. 43.37. (См. лист Data.) Например, в январе в США объемы продаж для первого чипа составили 4000 долларов, несмотря на то, что прогнозировался объем в 5454 долларов. Разница составила -1454 долларов.

	A	B	C	D	E	F
1	Месяц	Продукт	Страна	Выручка	Бюджет	Разница
2	January	Chip 1	US	4000	5454	-1454
3	January	Chip 1	Canada	3424	5341	-1917
4	January	Chip 1	US	8324	1232	7092
5	January	Chip 1	France	5555	3424	2131
6	January	Chip 1	Canada	5341	8324	-2983
7	January	Chip 1	US	1232	5555	-4323
8	January	Chip 1	France	3424	5341	-1917
9	January	Chip 1	Canada	8324	1232	7092
10	January	Chip 1	US	5555	3424	2131
11	January	Chip 1	France	5341	8324	-2983
12	January	Chip 1	Canada	1232	5555	-4323
13	January	Chip 1	US	3424	5341	-1917
14	January	Chip 1	Canada	8383	5454	2929
15	January	Chip 1	France	8324	1232	7092
16	January	Chip 1	Canada	5555	3424	2131
17	January	Chip 1	US	5341	8324	-2983
18	January	Chip 1	France	1232	5555	-4323
19	January	Chip 1	France	3523	9295	-5772

Рис. 43.37. Данные о продаже чипов в различных странах по месяцам: фактическая выручка, выручка, заложенная в бюджет, и разница

Для каждого месяца и каждой комбинации "страна — продукт" необходимо отобразить следующие данные:

- ◆ фактическая выручка;
- ◆ выручка, заложенная в бюджет;
- ◆ фактическая разница;

- ◆ фактическая выручка как процент от годовой выручки;
- ◆ разница как доля от выручки, заложенной в бюджет.

Сначала выделите ячейку в диапазоне данных (не забудьте, что первая строка должна содержать заголовки) и затем на вкладке **ВСТАВКА** (INSERT) выберите **Сводная таблица** (PivotTable). Требуемый диапазон данных (A1:F208) будет определен автоматически.

Перетащите, например, поле **Месяц** в область **СТРОКИ** (ROWS), поле **Страна** в область **КОЛОННЫ** (COLUMNS) и поле **Выручка** в область **ЗНАЧЕНИЯ** (VALUES). Появится таблица с общей выручкой по странам для каждого месяца. Добавление какого-либо поля в область **ФИЛЬТРЫ** (FILTERS) позволит фильтровать данные в сводной таблице по значениям в этом поле. Например, добавление поля **Продукт** в область **ФИЛЬТРЫ** (FILTERS) обеспечит просмотр продаж только первого чипа по месяцам для каждой страны. При необходимости отображения данных для любой комбинации "страна — продукт" перетащите поле **Месяц** в область **СТРОКИ** (ROWS) и поля **Страна** и **Продукт** в область **ФИЛЬТРЫ** (FILTERS). Затем перетащите поля **Разница**, **Выручка** и **Бюджет** в область **ЗНАЧЕНИЯ** (VALUES). Созданная таблица представлена на рис. 43.38. (См. лист 1st Table.)

	A	B	C	D
1	Страна	(Все)		
2	Продукт	(Все)		
3				
4	Названия строк	Сумма по полю Разница	Сумма по полю Выручка	Сумма по полю Бюджет
5	January	-4297	87534	91831
6	February	2843	90377	87534
7	March	-1389	88988	90377
8	April	-2774	84982	87756
9	May	-423	84559	84982
10	June	-548	84011	84559
11	July	2366	86377	84011
12	August	-2843	83534	86377
13	September	1389	84923	83534
14	October	-4318	80605	84923
15	November	3406	84011	80605
16	December	2366	86377	84011
17	<b>Общий итог</b>	<b>-4222</b>	<b>1026278</b>	<b>1030500</b>

Рис. 43.38. Сводка по месяцам для выручки, заложенной в бюджет, фактической выручки и разницы

Например, в январе общая выручка составила 87 534 доллара, а в бюджет была заложена сумма 91 831 доллар. Таким образом, фактические продажи оказались меньше прогнозируемых на 4297 долларов.

Пусть требуется определить процент выручки для каждого месяца. Перетащите поле **Выручка** из списка полей в область **ЗНАЧЕНИЯ** (VALUES). Поле получит имя **Сумма по полю Выручка2**. Щелкните правой кнопкой мыши в столбце **Сумма по полю Выручка2** и выберите в контекстном меню **Параметры полей значений** (Value Fields

Settings). В диалоговом окне **Параметры поля значений** (Value Field Settings) откройте вкладку **Дополнительные вычисления** (Show Values As). В раскрывающемся списке **Дополнительные вычисления** (Show Values As) выберите **% от суммы по столбцу** (% Of Column), как показано на рис. 43.39.

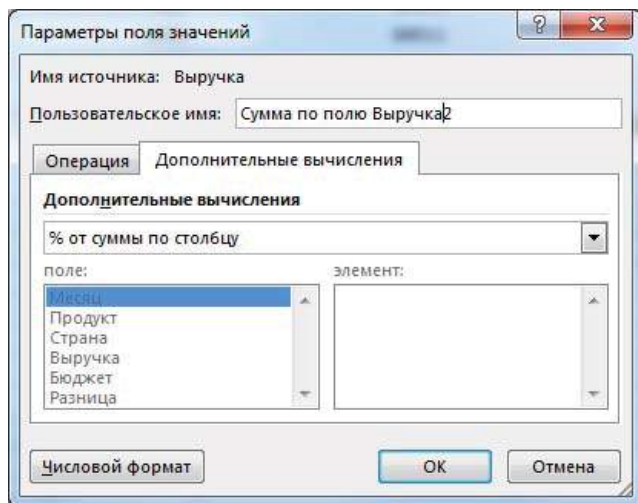


Рис. 43.39. Создание ежемесячного процента годовой выручки

Появится сводная таблица, представленная на рис. 43.40. (См. лист 2nd Table.) Январские продажи составляют 8,53% от выручки. Общая выручка за год равна 1 026 278 долларов.

Для изменения отображения поля данных можно выбрать в контекстном меню вместо строки **Параметры полей значений** (Value Fields Settings) строку **Дополнительные вычисления** (Show Values As).

	A	B	C	D	E
1	Страна	(Все)			
2	Продукт	(Все)			
3					
4	Названия строк	Сумма по полю Разница	Сумма по полю Выручка	Сумма по полю Бюджет	Сумма по полю Выручка2
5	January	-4297	87534	91831	8,53%
6	February	2843	90377	87534	8,81%
7	March	-1389	88988	90377	8,67%
8	April	-2774	84982	87756	8,28%
9	May	-423	84559	84982	8,24%
10	June	-548	84011	84559	8,19%
11	July	2366	86377	84011	8,42%
12	August	-2843	83534	86377	8,14%
13	September	1389	84923	83534	8,27%
14	October	-4318	80605	84923	7,85%
15	November	3406	84011	80605	8,19%
16	December	2366	86377	84011	8,42%
17	Общий итог	-4222	1026278	1030500	100,00%

Рис. 43.40. Разбивка выручки по месяцам

## Что такое вычисляемое поле?

Предположим, что теперь требуется определить разницу для каждого месяца как долю от общего запланированного объема продаж. Для этого необходимо создать вычисляемое поле. Выделите в области данных сводной таблицы какую-либо ячейку и затем на вкладке **АНАЛИЗ** (ANALYZE) в группе **Вычисления** в списке **Поля, элементы и наборы** (Fields Items and Sets) выберите **Вычисляемое поле** (Calculated Field). Откроется диалоговое окно **Вставка вычисляемого поля** (Insert Calculated Field). Введите имя поля и формулу, как показано на рис. 43.41. Формулу  $\text{=Разница/Бюджет}$  для этого примера можно ввести целиком или воспользоваться списком полей и кнопкой **Добавить поле** (Insert Field) для вставки поля в формулу. После нажатия кнопок **Добавить** (Add) и **ОК** появится сводная таблица, показанная на рис. 43.42. (См. лист Calc Field в файле Ptableexample.xlsx.)

Таким образом, в январе продажи были на 4,7% ниже, чем было заложено в бюджет. В случае необходимости изменения или удаления вычисляемого поля откройте диалоговое окно **Вставка вычисляемого поля** (Insert Calculated Field) еще раз.

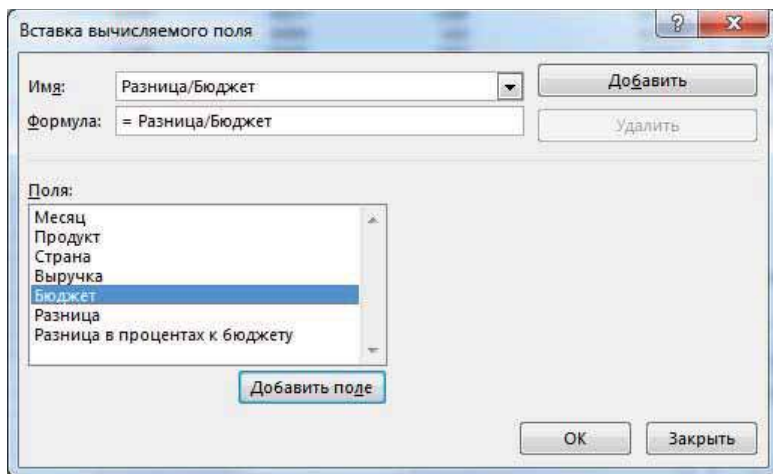


Рис. 43.41. Создание вычисляемого поля

	A	B	C	D	E	F
1	Страна	(Все)				
2	Продукт	(Все)				
3						
4	Названия строк	Сумма по полю Разница	Сумма по полю Выручка	Сумма по полю Бюджет	Сумма по полю Выручка2	Сумма по полю Разница/Бюджет
5	January	-4297	87534	91831	8,53%	-0,046792477
6	February	2843	90377	87534	8,81%	0,032478808
7	March	-1389	88988	90377	8,67%	-0,015368954
8	April	-2774	84982	87756	8,28%	-0,031610374
9	May	-423	84559	84982	8,24%	-0,004977525
10	June	-548	84011	84559	8,19%	-0,006480682
11	July	2366	86377	84011	8,42%	0,028162979
12	August	-2843	83534	86377	8,14%	-0,032913854
13	September	1389	84923	83534	8,27%	0,01662796
14	October	-4318	80605	84923	7,85%	-0,050846061
15	November	3406	84011	80605	8,19%	0,042255443
16	December	2366	86377	84011	8,42%	0,028162979
17	Общий итог	-4222	1026278	1030500	100,00%	-0,00409704

Рис. 43.42. Сводная таблица с вычисляемым полем для расчета доли разницы



## Для чего предназначен фильтр отчета и срез?

Например, для просмотра объемов продаж второго чипа во Франции можно выбрать соответствующие значения из полей **Продукт** и **Страна** в зоне фильтров. Появится сводная таблица, представленная на рис. 43.43. На рис. 43.44 показано создание аналогичной таблицы с помощью срезов (см. лист *Slicers*).

	A	B	C	D	E
1	Продукт	Chip 2	└		
2	Страна	France	└		
3					
4	Значения				
5	Названия строк	Сумма по полю Разница	Сумма по полю Бюджет	Сумма по полю Выручка	Сумма по полю Выручка2
6	February	-3846	32954	29108	23,90%
7	May	3318	32045	35363	29,04%
8	August	2769	30663	33432	27,45%
9	November	0	23876	23876	19,61%
10	<b>Общий итог</b>	<b>2241</b>	<b>119538</b>	<b>121779</b>	<b>100,00%</b>

Рис. 43.43. Продажи чипа Chip 2 во Франции

Для создания таблицы с помощью срезов щелкните по сводной таблице и на вкладке **ВСТАВКА** (INSERT) в группе **Фильтры** (Filters) выберите **Срез** (Slicers). Для создания срезов, показанных на рис. 43.44, выберите поля **Продукт** и **Страна**. Выбор **Chip 2** из среза **Продукт** и **France** из среза **Страна** приводит к соответствующим расчетам для всех сделок, связанных со вторым чипом во Франции. Как уже упоминалось ранее, срез также можно создать, щелкнув правой кнопкой мыши на поле в списке полей сводной таблицы.

	A	B	C	D	E
1	Продукт	Chip 2	└		
2	Страна	France	└		
3					
4	Значения				
5	Названия строк	Сумма по полю Разница	Сумма по полю Бюджет	Сумма по полю Выручка	Сумма по полю Выручка2
6	February	-3846	32954	29108	23,90%
7	May	3318	32045	35363	29,04%
8	August	2769	30663	33432	27,45%
9	November	0	23876	23876	19,61%
10	<b>Общий итог</b>	<b>2241</b>	<b>119538</b>	<b>121779</b>	<b>100,00%</b>
11					
12					
13					
14					
15					
16					

<b>Продукт</b> Chip 1 <b>Chip 2</b>	<b>Страна</b> Canada <b>France</b>
---	--

Рис. 43.44. Продажи чипа Chip 2 во Франции со срезами

## Как сгруппировать элементы в сводной таблице?

Часто в сводной таблице требуется сгруппировать заголовки. Например, можно объединить продажи за январь–март. Для создания группы выделите элементы, которые необходимо сгруппировать, щелкните правой кнопкой мыши по выделенной

области и выберите **Группировать** (Group). После изменения имени Группа 1 на Январь-март и удаления дублирующего поля Месяц из области **Строки** (Rows) получится сводная таблица (рис. 43.45).

	A	B	C	D	E
1	Страна	(Все)			
2	Продукт	(Все)			
3					
4	Названия строк	Сумма по полю Разница	Сумма по полю Выручка	Сумма по полю Бюджет	Сумма по полю Выручка2
5	Январь-март	-2843	266899	269742	26,01%
6	April	-2774	84982	87756	8,28%
7	May	-423	84559	84982	8,24%
8	June	-548	84011	84559	8,19%
9	July	2366	86377	84011	8,42%
10	August	-2843	83534	86377	8,14%
11	September	1389	84923	83534	8,27%
12	October	-4318	80605	84923	7,85%
13	November	3406	84011	80605	8,19%
14	December	2366	86377	84011	8,42%
15	<b>Общий итог</b>	<b>-4222</b>	<b>1026278</b>	<b>1030500</b>	<b>100,00%</b>

Рис. 43.45. Группирование элементов для января, февраля и марта

## Замечания по группированию

Далее приведено несколько дополнительных приемов группирования в Excel.

- ◆ Данные можно разгруппировать: установите курсор в пределах группы, затем щелкните правой кнопкой мыши и выберите **Разгруппировать** (Ungroup) или перейдите на вкладку **АНАЛИЗ** (ANALYZE) и в группе **Группировать** (Group) выберите **Разгруппировать** (Ungroup).
- ◆ Можно сгруппировать несмежные элементы, удерживая клавишу <Ctrl> при выборе несмежных строк и столбцов.
- ◆ Числовые данные или даты можно группировать в произвольные интервалы. Например, можно создать группы для возрастных диапазонов и затем вычислить средний доход для тех, кому от 25 до 34 лет.

### Что такое вычисляемый объект?

Вычисляемый объект аналогичен вычисляемому полю, только вместо столбца создается строка. Для создания вычисляемого объекта сначала следует выделить элемент в столбце **Названия строк** (Row Labels) сводной таблицы (а не элемент в теле сводной таблицы). Затем на вкладке **АНАЛИЗ** (ANALYZE) в группе **Вычисления** в списке **Поля, элементы и наборы** (Fields Items and Sets) выберите **Вычисляемый объект** (Calculated Item).

Для иллюстрации создания вычисляемого объекта рассмотрим файл Calculateditem.xlsx. На листе data (рис. 43.46) показаны данные продаж автомобилей различных марок. Требуется просуммировать продажи по странам (Япония, Германия и США).

	G	H	I
8		Марка	Продажи
9		Ford	3
10		Nissan	2
11		Ford	6
12		VW	2
13		VW	4
14		Nissan	4
15		Chrysler	2
16		VW	2
17		BMW	6
18		Honda	2
19		VW	4
20		Honda	5
21		BMW	6
22		Honda	4
23		Ford	5
24		Ford	5
25		Ford	2

Рис. 43.46. Данные для создания вычисляемого объекта

	A	B
3	Названия строк	Сумма по полю Продажи
4	BMW	359
5	Chrysler	286
6	Ford	277
7	GM	239
8	Honda	283
9	Nissan	219
10	VW	323
11	Общий итог	1986

Рис. 43.47. Сводная таблица продаж по маркам автомобилей

Сначала создадим сводную таблицу, суммирующую продажи по маркам автомобилей (см. лист РТ1). Перетащите поле *Марка* в область **СТРОКИ** (ROWS), а поле *Продажи* в область **ЗНАЧЕНИЯ** (VALUES). В результате получится таблица, показанная на рис. 43.47.

Перед созданием вычисляемого объекта целесообразно скрыть **Общий итог** (Grand Total). Для этого на вкладке **КОНСТРУКТОР** (DESIGN) в группе **Общие итоги** (Grand Totals) выберите **Отключить для строк и столбцов** (Off for Rows and Columns). В противном случае после создания вычисляемого объекта каждая продажа будет учтена в общем итоге дважды.

Для создания вычисляемого объекта по японским автопроизводителям установите курсор в столбце **Названия строк** (Row Labels) сводной таблицы и на вкладке **АНАЛИЗ** (ANALYZE) в группе **Вычисления** в списке **Поля, элементы и наборы** (Fields Items and Sets) выберите **Вычисляемый объект** (Calculated Item). Заполните данные диалоговое окно (рис. 43.48) и нажмите кнопку **ОК**.

Вычисляемый объект *Япония* создается путем сложения продаж автомобилей Honda и Nissan. Аналогичным образом создайте вычисляемые объекты *Германия* и *США*. Результирующая сводная таблица представлена на листе Calc Item и на рис. 43.49.

Если вычисляемый объект или вычисляемое поле необходимо удалить, в списке **Поля, элементы и наборы** (Fields Items and Sets) выберите **Вычисляемый объект** (Calculated Item) или **Вычисляемое поле** (Calculated Field). В диалоговом окне в списке **Имя** (Name) выберите объект или поле, которое требуется удалить, и нажмите кнопку **Удалить** (Delete).

При необходимости можно скрыть продажи отдельных марок путем фильтрации по меткам строк и оставить только продажи для Японии, Германии и США.

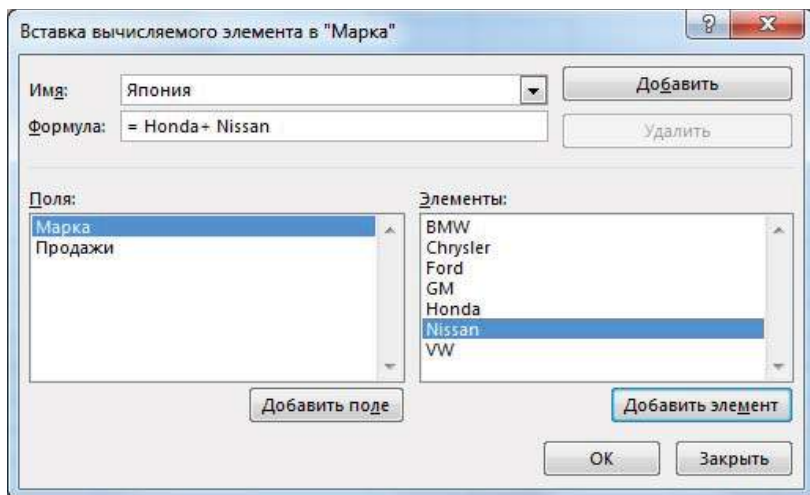


Рис. 43.48. Создание вычисляемого объекта Япония

	А	В
3	Названия строк	Сумма по полю Продажи
4	BMW	359
5	Chrysler	286
6	Ford	277
7	GM	239
8	Honda	283
9	Nissan	219
10	VW	323
11	Япония	502
12	Германия	682
13	США	802

Рис. 43.49. Вычисляемые объекты

Пример создания вычисляемого объекта приведен в задании 11 этой главы. В сводной таблице примера с производством микрочипов невозможно создать вычисляемый объект из-за нескольких копий поля Выручка.

### Что такое "детализация"?

Детализация — это отображение подробных данных, обобщенных в поле, с помощью двойного щелчка на ячейке в сводной таблице. Так, в файле примера с микрочипами для отображения данных, связанных с продажами за март, дважды щелкните на любой ячейке, содержащей March.

Мне часто приходится определять прибыль по конкретным данным в сводной таблице, например, по объему продаж первого чипа во Франции в апреле. К сожалению, при добавлении новых данных в сводную таблицу необходимые мне данные перемещаются. Существует ли в Excel функция, позволяющая

всегда извлекать из сводной таблицы объем продаж первого чипа во Франции в апреле?

Да, такая функция существует. Функция `ПОЛУЧИТЬ.ДАННЫЕ.СВОДНОЙ.ТАБЛИЦЫ` (`GETPIVOTDATA`) соответствует всем требованиям. Пусть необходимо извлечь объем продаж первого чипа во Франции в апреле из сводной таблицы на листе `Data` в файле `Getpivotdata.xlsx` (рис. 43.50). Введенная в ячейку `E2` формула

```
=ПОЛУЧИТЬ.ДАННЫЕ.СВОДНОЙ.ТАБЛИЦЫ("Сумма по полю Выручка"; $A$4; "Месяц"; "April"; "Продукт"; "Chip 1"; "Страна"; "France")
```

дает правильный ответ (37 600 долларов) даже после добавления впоследствии новых данных о продуктах и странах. Этот же результат можно получить, если просто указать в соответствующей ячейке знак `=` и затем выбрать ячейку сводной таблицы, содержащую объем продаж первого чипа во Франции в апреле (ячейку `D23`).

Первым аргументом функции является имя поля данных сводной таблицы, заключенное в кавычки (слова отделяются пробелами). В качестве второго аргумента функции указана ячейка в левом верхнем углу сводной таблицы (ячейка `A4`). Остальные пары аргументов (поле — элемент) могут следовать в произвольном порядке.

Таким образом, эта формула означает "Для сводной таблицы, левый верхний угол которой находится в ячейке `A4`, найти сумму по полю `Выручка` для первого чипа во Франции за апрель". Эта формула возвращает правильный ответ, даже если данные об объемах продаж для первого чипа во Франции за апрель будут перемещены в другое место сводной таблицы.

	A	B	C	D	E
1				Общая выручка	Chip 1 Франция, апрель
2				1026278	37600
3					
4	Значения				
5	Названия строк	Сумма по полю Разница	Сумма по полю Бюджет	Сумма по полю Выручка	Сумма по полю Выручка2
6	January	-4297	91831	87534	8,53%
7	Chip 1	-4297	91831	87534	8,53%
8	Canada	2929	29330	32259	3,14%
9	France	-5772	33171	27399	2,67%
10	US	-1454	29330	27876	2,72%
11	February	2843	87534	90377	8,81%
12	Chip 2	2843	87534	90377	8,81%
13	Canada	3318	32045	35363	3,45%
14	France	-3846	32954	29108	2,84%
15	US	3371	22535	25906	2,52%
16	March	-1389	90377	88988	8,67%
17	Chip 3	-1389	90377	88988	8,67%
18	Canada	-10733	35363	24630	2,40%
19	France	11529	20784	32313	3,15%
20	US	-2185	34230	32045	3,12%
21	April	-2774	87756	84982	8,28%
22	Chip 1	-2774	87756	84982	8,28%
23	Canada	1054	19289	20343	1,98%
24	France	-54	37654	37600	3,66%
25	US	-3774	30813	27039	2,63%

Рис. 43.50. Функция `ПОЛУЧИТЬ.ДАННЫЕ.СВОДНОЙ.ТАБЛИЦЫ` для определения объема продаж первого чипа во Франции в апреле

Для получения общей выручки (1 026 278 долларов) введите формулу =ПОЛУЧИТЬ.ДААННЫЕ.СВОДНОЙ.ТАБЛИЦЫ("Сумма по полю Выручка"; \$A\$4) в ячейку D2.

Для получения представления об истинной силе функции ПОЛУЧИТЬ.ДААННЫЕ.СВОДНОЙ.ТАБЛИЦЫ просуммируем объемы продаж каждого продукта по странам для указанного месяца в таблице, представленной на рис. 43.51.

	I	J	K	L
8				
9	Месяц	April	-	
10				
11				
12		Chip 1	Chip 2	Chip 3
13	Canada	20343	0	0
14	France	37600	0	0
15	US	27039	0	0

Рис. 43.51. Извлечение объемов продаж каждого продукта в апреле в каждой стране с помощью функции ПОЛУЧИТЬ.ДААННЫЕ.СВОДНОЙ.ТАБЛИЦЫ

Сначала в ячейке J9 создайте поле с раскрывающимся списком для ввода месяца. Введите в ячейки I13:I15 названия стран и в ячейки J12:L12 названия продуктов. В ячейку J13 скопируйте формулу ПОЛУЧИТЬ.ДААННЫЕ.СВОДНОЙ.ТАБЛИЦЫ из ячейки E2 и отредактируйте ее следующим образом:

```
=ЕСЛИОШИБКА(ПОЛУЧИТЬ.ДААННЫЕ.СВОДНОЙ.ТАБЛИЦЫ("Сумма по полю Выручка"; $A$4; "Месяц"; $J$9; "Продукт"; J$12; "Страна"; $I13); 0).
```

Копирование этой формулы из ячейки J13 в ячейки J13:L15 позволит извлечь из сводной таблицы объемы продаж каждого продукта в апреле. При копировании формулы в ячейки справа изменяется продукт, при копировании формулы в нижние ячейки изменяется страна. В каждой ячейке месяц выбирается из ячейки J9. Функция ЕСЛИОШИБКА в случае отсутствия данных о продажах продукта в стране в выбранном месяце возвращает 0, а не сообщение об ошибке. Только представьте, насколько это удобно при продаже 1000 продуктов в 200 странах и регионах!

Иногда функция ПОЛУЧИТЬ.ДААННЫЕ.СВОДНОЙ.ТАБЛИЦЫ доставляет неприятности. В таких случаях ее следует отключить. Предположим, что необходимо сослаться на данные в ячейках B5:B11 сводной таблицы где-либо в другом месте книги. Вероятно, можно было бы указать в первой ячейке знак = и выбрать в сводной таблице ячейку B5, а затем скопировать формулу в соответствующий диапазон с надеждой, что таким образом будут извлечены значения из ячеек B6, B7, ..., B11. Однако если функция ПОЛУЧИТЬ.ДААННЫЕ.СВОДНОЙ.ТАБЛИЦЫ активна, вместо этого во всех ячейках будет получена функция ПОЛУЧИТЬ.ДААННЫЕ.СВОДНОЙ.ТАБЛИЦЫ, ссылающаяся на одну и ту же ячейку. Для отключения функции ПОЛУЧИТЬ.ДААННЫЕ.СВОДНОЙ.ТАБЛИЦЫ откройте вкладку **ФАЙЛ** (FILE) и выберите **Параметры** (Options). На панели параметров Excel выберите **Формулы** (Formulas) и в группе **Работа с формулами** (Working With Formulas) снимите флажок **Использовать функции GetPivotData для ссылок в сводной таблице** (GetPivotData Function For PivotTable References). После этого при выборе ячейки в сводной таблице будет появляться формула типа =B5, а не функция

ПОЛУЧИТЬ.ДААННЫЕ.СВОДНОЙ.ТАБЛИЦЫ. Функцию ПОЛУЧИТЬ.ДААННЫЕ.СВОДНОЙ.ТАБЛИЦЫ также можно отключить для отдельной таблицы, если на вкладке **АНАЛИЗ** (ANALYZE) в группе **Сводная таблица** (PivotTable) в раскрывающемся списке **Параметры** (Options) снять флажок **Создать GetPivotData** (Generate GetPivotData).

И наконец, следует отметить, что для извлечения различных данных из сводной таблицы можно комбинировать функции **ПОИСКПОЗ** (MATCH) и **СМЕЩ** (OFFSET), описанные в главах 4 и 21, соответственно.

### Как применить временную шкалу, новый инструмент Microsoft Excel 2013, для обобщения данных за разные периоды времени?

В Microsoft Excel 2013 появился новый инструмент **Временная шкала** (Timeline) для фильтрации сводной таблицы на основе промежутков времени. Если данные содержат столбец с фактическими датами, то при выборе в данных любого подмножества последовательных календарных лет, кварталов, месяцев или дней функция Timeline обеспечит включение во все расчеты в сводной таблице только строки из выбранного периода.

Для примера рассмотрим данные в файле Makeuptimeline.xlsx. Лист data содержит информацию по 1900 сделкам с декоративной косметикой: Продавец, Дата, Продукт, Количество и Выручка. На листе Pivot Table находится сводная таблица, суммирующая продажи каждого продукта по каждому продавцу. Щелкните в пределах таблицы, откройте вкладку **ВСТАВКА** (INSERT) и в группе **Фильтры** (Filters) выберите инструмент **Временная шкала** (Timeline). Появится временная шкала, показанная на рис. 43.52.

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2							
3	Сумма по полю Выручка		Названия столбцов				
4	Названия строк	eye liner	foundation	lip gloss	lipstick	mascara	Общий итог
5	Ashley	5844,948744	4186,058628	6053,684565	3245,442978	6617,100349	25947,23526
6	Betsy	6046,534282	8276,842982	5683,910446	3968,605496	4827,253996	28803,1472
7	Cici	5982,823291	6198,248632	5199,949201	3148,84065	7060,711397	27590,57317
8	Colleen	3389,625314	6834,767608	5573,323725	2346,413777	6746,525368	24890,65579
9	Cristina	5397,273636	5290,989935	5297,97981	2401,668343	5461,646997	23849,55872
10	Emilee	7587,38898	5492,797579	5270,250313	2189,137568	4719,299731	25258,87417
11	Hallagan	6964,621074	7256,203726	5603,119378	3177,871325	5703,34667	28705,16217
12	Jen	7010,440514	5747,948339	5461,61479	3953,300132	6877,231001	29050,53478
13	Zaret	8270,187477	6451,650057	5690,811173	2448,707163	3879,949944	26741,30581
14	<b>Общий итог</b>	<b>56493,84331</b>	<b>55735,50749</b>	<b>49834,6434</b>	<b>26879,98743</b>	<b>51893,06545</b>	<b>240837,0471</b>
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							

Дата												
Все периоды												
КВАРТАЛЫ												
2004			2005			2006						
K1	K2	K3	K1	K2	K3	K1	K2	K3				

Рис. 43.52. Временная шкала для данных о продажах декоративной косметики

Для подведения итогов по продажам можно выделить смежные кварталы с помощью клавиши <Shift>. Например, на листе *Timeline* (рис. 43.53) просуммированы продажи за 2004 г. и два первых квартала 2005 г. Для восстановления сводной таблицы по всем периодам можно нажать кнопку с воронкой.

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2							
3	Сумма по полю Выручка		Названия столбцов				
4	Названия строк	eye liner	foundation	lip gloss	lipstick	mascara	Общий итог
5	Ashley	2259,972062	2064,622818	3387,840077	1191,916305	4773,719456	13678,07072
6	Betsy	2714,905605	4195,087677	2862,843312	2223,656512	2591,118522	14587,61163
7	Cici	3310,713552	3313,905114	2076,459646	1676,02548	3026,361703	13403,4655
8	Colleen	2122,756414	4064,696744	3190,320266	1454,867829	3163,444184	13996,08544
9	Cristina	3890,138229	2047,071516	2844,164872	1531,337106	2708,859232	13021,57096
10	Emilee	4086,747401	2754,358904	2808,224225	1180,957373	2462,885308	13293,17321
11	Hallagan	4195,39565	3622,600883	2857,48164	2133,183894	2309,146363	15117,80843
12	Jen	3364,886093	2830,395463	1875,474423	1762,881545	3866,27134	13699,90886
13	Zaret	3188,375788	2695,031255	3040,776651	1659,86485	1828,479954	12412,5285
14	<b>Общий итог</b>	<b>29133,89079</b>	<b>27587,77037</b>	<b>24943,58511</b>	<b>14814,69089</b>	<b>26730,28606</b>	<b>123210,2232</b>
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							

Дата

K1 2004 г. — K2 2005 г. КВАРТАЛЫ

2004                      2005                      2006

K1 K2 K3 K4 K1 K2 K3 K4 K1 K2 K3

Рис. 43.53. Временная шкала для продаж за 2004 г. и первые два квартала 2005 г.

### Как с помощью сводной таблицы получить нарастающий итог общего объема продаж для каждого периода года?

Подвести итоги по общему объему продаж для каждого периода года можно с помощью параметров полей значений. Для примера рассмотрим данные в файле *MonthtoMonth.xlsx*. На листе *data* содержатся Год, Месяц и Выручка для некоторого количества сделок. Сначала на листе *Year to Date* суммируются ежемесячные продажи для каждого года путем перетаскивания поля Месяц в область **СТРОКИ** (ROWS), поля Год в область **КОЛОННЫ** (COLUMNS) и поля Выручка в область **ЗНАЧЕНИЯ** (VALUES). Сводная таблица представлена на рис. 43.54.

На этом рисунке продажи разбиты по месяцам и годам. Щелкните правой кнопкой мыши в пределах полей значений сводной таблицы и в контекстном меню выберите **Параметры полей значений** (Value Field Settings). В появившемся диалоговом окне на вкладке **Дополнительные вычисления** (Show Values As) в раскрывающемся списке выберите **С нарастающим итогом в поле** (Running Total In). Выделите поле Месяц. В полученной таблице, приведенной на рис. 43.55 (см. лист *Year to Date*), показаны продажи для каждого года с нарастающим итогом в каждом месяце. Например, объем продаж к февралю 2009 г. составил 58 449 долларов. Кроме того, нарастающие итоги можно создать, щелкнув правой кнопкой мыши в пределах полей значений и выбрав в контекстном меню **Дополнительные вычисления** (Show Values As).



	A	B	C	D	E
1					
2					
3	Сумма по полю Выручка		Названия столбцов		
4	Названия строк	2009	2010	2011	Общий итог
5	January	10453	84058	45615	140126
6	February	47996	74896	32943	155835
7	March	113126	41689	19821	174636
8	April	69613	59910	39770	169293
9	May	65155	49345	29600	144100
10	June	54814	42355	61331	158500
11	July	34930	87516	38863	161309
12	August	51588	33060	47287	131935
13	September	60835	48963	45559	155357
14	October	85607	36243	30805	152655
15	November	72602	17010	48207	137819
16	December	30043	73381	79733	183157
17	<b>Общий итог</b>	<b>696762</b>	<b>648426</b>	<b>519534</b>	<b>1864722</b>

Рис. 43.54. Итоговые продажи по месяцам и годам

	A	B	C	D	E
1					
2					
3	Сумма по полю Выручка		Названия столбцов		
4	Названия строк	2009	2010	2011	Общий итог
5	January	10453	84058	45615	140126
6	February	58449	158954	78558	295961
7	March	171575	200643	98379	470597
8	April	241188	260553	138149	639890
9	May	306343	309898	167749	783990
10	June	361157	352253	229080	942490
11	July	396087	439769	267943	1103799
12	August	447675	472829	315230	1235734
13	September	508510	521792	360789	1391091
14	October	594117	558035	391594	1543746
15	November	666719	575045	439801	1681565
16	December	696762	648426	519534	1864722
17	<b>Общий итог</b>	<b>696762</b>	<b>648426</b>	<b>519534</b>	<b>1864722</b>

Рис. 43.55. Объемы продаж с нарастающим итогом

**Как с помощью сводной таблицы сравнить объем продаж за месяц с объемом продаж за тот же месяц предыдущего года?**

Снова воспользуемся данными из файла MonthtoMonth.xlsx. Создадим таблицу, представленную на листе Previous Year. Для этого перетащите поле Месяц в область **СТРОКИ (ROWS)**, поле Год в область **КОЛОННЫ (COLUMNS)** и поле Выручка в область **ЗНАЧЕНИЯ (VALUES)**. Щелкните правой кнопкой мыши в пределах полей значений сводной таблицы и в контекстном меню выберите **Параметры полей значений (Value Field Settings)**. После заполнения данными открывшегося диа-

логового окна, показанного на рис. 43.56, будет создана сводная таблица, представленная на рис. 43.57. На этом рисунке продажи за каждый месяц сравниваются с продажами в том же месяце в прошлом году. Например, продажи в январе 2010 г. возросли на 704,15% по сравнению с продажами в январе 2009 г. Как и в предыдущем случае, фактические продажи можно заменить сравнением продаж за месяц с продажами в том же месяце предыдущего года, щелкнув правой кнопкой мыши и выбрав в контекстном меню **Дополнительные вычисления** (Show Values As).

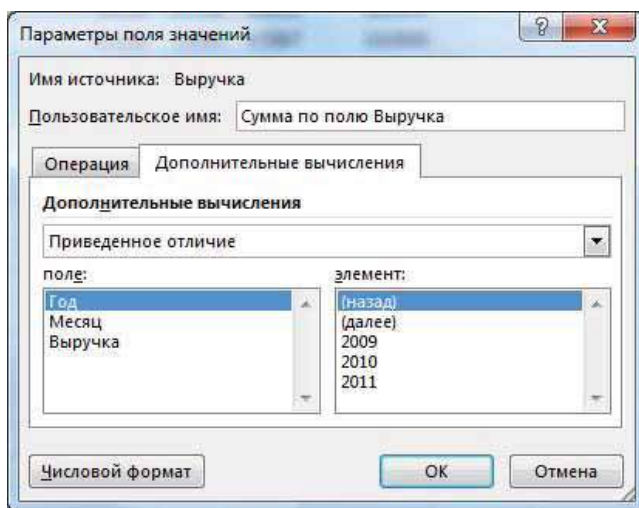


Рис. 43.56. Параметры для сравнения продаж за месяц с продажами за тот же месяц предыдущего года

	A	B	C	D	E
1					
2					
3	Сумма по полю Выручка	Названия столбцов			
4	Названия строк		2009	2010	2011
5	January			704,15%	-45,73%
6	February			56,05%	-56,02%
7	March			-63,15%	-52,46%
8	April			-13,94%	-33,62%
9	May			-24,27%	-40,01%
10	June			-22,73%	44,80%
11	July			150,55%	-55,59%
12	August			-35,92%	43,03%
13	September			-19,52%	-6,95%
14	October			-57,66%	-15,00%
15	November			-76,57%	183,40%
16	December			144,25%	8,66%
17	<b>Общий итог</b>			<b>-6,94%</b>	<b>-19,88%</b>

Рис. 43.57. Сравнение продаж за месяц с продажами за тот же месяц предыдущего года

## Как создать сводную таблицу на основе данных из нескольких местоположений?

Зачастую данные, необходимые для создания сводной таблицы, находятся на разных листах или в разных книгах. Ключом к созданию сводной таблицы из данных в разных местоположениях является классический **Мастер сводных таблиц и диаграмм** (PivotTable And PivotChart Wizard), также доступный в Microsoft Excel 2013 (рис. 43.58). Его можно или вызвать с помощью комбинации клавиш <Alt>+<D>+<P>, или добавить на панель быстрого доступа.

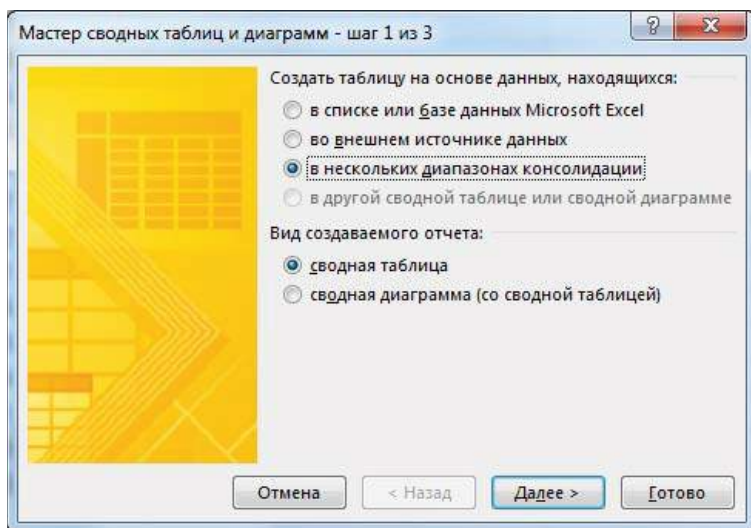


Рис. 43.58. Классический Мастер сводных таблиц и диаграмм

Для демонстрации создания сводной таблицы на основе данных из разных диапазонов откройте файлы East и West и на вкладке **ВИД** (VIEW) в группе **Окно** (Window) задайте расположение окон рядом друг с другом, как показано на рис. 43.59. Данные представляют собой продажи за январь, февраль и март в регионах Восток и Запад. Требуется создать сводную таблицу, обобщающую продажи каждого продукта по месяцам.

Сначала откройте **Мастер сводных таблиц и диаграмм** (PivotTable And PivotChart Wizard) и установите переключатель в **нескольких диапазонах консолидации** (Multiple Consolidation Ranges), как показано на рис. 43.58. Нажмите кнопку **Далее** (Next), на шаге 2а установите переключатель в положение **Создать одно поле страницы** (Create A Single Page Field For Me), на шаге 2б выберите данные о продажах на листе East (рис. 43.60), и нажмите кнопку **Добавить** (Add) для добавления диапазона данных, который будет использоваться при создании сводной таблицы.

Удалите ссылку на данные в файле East из поля **Диапазон** (Range); выберите данные в файле West и добавьте их в **Список диапазонов** (All Ranges). Нажмите кнопку **Далее** (Next) и на следующем шаге примите решение о размещении финальной сводной таблицы — на новом или текущем листе. В данном случае был выбран

The image shows two Excel workbooks side-by-side. The left workbook is titled 'EAST' and the right is 'WEST'. Both workbooks display a pivot table with the following data:

Продукт	Январь	Февраль	Март
A	205	263	20
B	164	-17	146
C	278	177	179
D	156	214	240
D	72	134	48
D	7	256	104
A	141	87	148
A	2	-15	135
A	-44	47	72
B	7	-81	2
E	25	120	171

Рис. 43.59. Два файла с данными для сводной таблицы

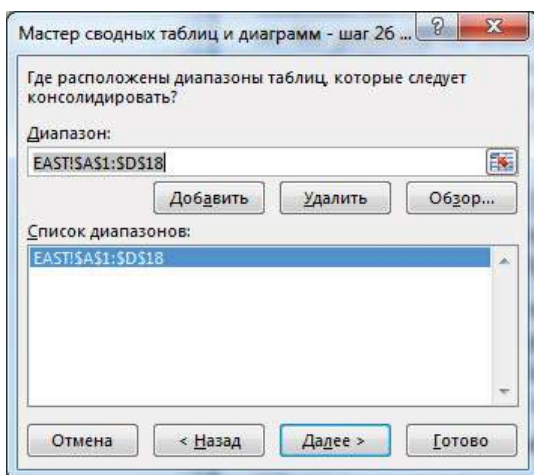


Рис. 43.60. Добавление данных с листа East

новый лист. Нажмите кнопку **Готово** (Finish). Появится сводная таблица, представленная на рис. 43.61 и на листе **PT** в файле **West.xlsx**.

Как видно из рисунка, общий объем продаж продукта **A** в феврале составил 1317 единиц. Данные можно отфильтровать по продуктам с помощью раскрывающегося списка в ячейке **A4** или по месяцам с помощью списка в ячейке **B3**. Раскрывающийся список в ячейке **B1** позволяет использовать при фильтрации сводной таблицы данные только для региона Восток или Запад. Команда **Обновить** (Refresh) в контек-

стном меню обновляет сводную таблицу на основе изменений данных. Срезы и временные шкалы в сводных таблицах, созданных из нескольких диапазонов, не работают.

	A	B	C	D	E
1	Страница1	(Все)			
2					
3	Сумма по полю Значение	Столбец			
4	Строка	Январь	Февраль	Март	Общий итог
5	A	1323	1317	1445	4085
6	B	890	335	812	2037
7	C	1231	922	843	2996
8	D	767	1424	1199	3390
9	E	579	483	371	1433
10	F	597	577	327	1501
11	G	570	850	811	2231
12	H	131	71	266	468
13	Общий итог	6088	5979	6074	18141

Рис. 43.61. Сводная таблица, обобщающая данные о продажах в регионах Восток и Запад

Если комбинация клавиш <Alt>+<D>+<P> не работает или не нравится, можно добавить **Мастер сводных таблиц и диаграмм** (PivotTable And PivotChart Wizard) на панель быстрого доступа. Для этого откройте вкладку **ФАЙЛ** (FILE), выберите команду **Параметры** (Options), затем среди параметров Excel выберите **Панель быстрого доступа** (Quick Access Toolbar) и в раскрывающемся списке **Выбрать команды из** выберите **Команды не на ленте** (Commands Not on the Ribbon) и затем **Мастер сводных таблиц и диаграмм** (PivotTable and PivotChart Wizard).

При создании сводной таблицы из нескольких диапазонов заголовки (в данном случае это Январь, Февраль и Март) в каждом диапазоне должны быть идентичны. В *главе 44* рассматривается новый инструмент Microsoft Excel 2013 — модель данных, позволяющая создавать сводные таблицы даже в том случае, если заголовок в одном из исходных диапазонов не содержится в других исходных диапазонах.

### Как создать сводную таблицу на основе уже созданной сводной таблицы?

Иногда требуется создать сводную таблицу на основе уже созданной сводной таблицы. Это позволяет просмотреть несколько сводных таблиц на основе одних и тех же данных. Например, в файле Makeuptimeline.xls (см. рис. 43.52) была создана сводка по продажам декоративной косметики с перечислением продавцов в столбце и продуктов в строке. Предположим, что необходимо создать сводную таблицу с перечислением продуктов в столбце и продавцов в строке. Установите курсор внутри сводной таблицы и откройте **Мастер сводных таблиц и диаграмм** (PivotTable and PivotChart Wizard). Вернитесь к первому шагу и установите переключатель в положение **в другой сводной таблице или сводной диаграмме** (Another PivotTable or PivotChart Report). На следующем шаге выберите сводную таблицу, из которой требуется создать новую таблицу. Появится список полей, с помощью которого можно создать новую сводную таблицу без разрушения старой таблицы. Перетащите поле **Продукт** в область **СТРОКИ** (ROWS), а поле **Продавец**

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1											
2											
3	Сумма по полю Выручка		Названия столбцов								
4	Названия строк	Ashley									
5	eye liner	5844,943744	6045,534282	5982,823291	3399,625314	5397,273636	7587,38898	6964,621074	7010,440514	8270,187477	56493,84331
6	foundation	4186,058628	8276,842982	6198,248632	6834,767608	5290,989935	5492,797579	7256,203726	5747,948339	6451,650057	55735,50749
7	lip gloss	6053,684565	5683,910446	5199,949201	5573,323725	5297,97981	5270,250313	5603,119378	5461,61479	5690,811173	49834,6434
8	lipstick	3245,442978	3968,605496	3148,84065	2346,413777	2401,668343	2189,137568	3177,871325	3953,300132	2448,707163	26879,98743
9	maskara	6617,100349	4827,253996	7060,711397	6746,525368	5461,646997	4719,299731	5703,34667	6877,231001	3879,949944	51893,06645
10	Общий итог	25947,23526	28893,1472	27590,57317	24890,65579	23849,55872	25258,87417	28705,16217	29050,53478	26741,30581	240837,0471

Рис. 43.62. Сводная таблица на основе другой сводной таблицы

в область **КОЛОННЫ** (COLUMNS). Появится сводная таблица, представленная на рис. 43.62.

## Задания

1. Компания Contoso, Ltd. производит микрочипы. При производстве было выявлено пять типов дефектов (обозначенных 1—5). Чипы производятся двумя операторами (A и B) на четырех станках (1—4). Имеется выборка данных о дефектных чипах, включающая тип дефекта, имя оператора, номер станка и день недели, в который дефект был обнаружен. На основе этих данных определите действия, которые требуется совершить для повышения качества продукции. Для расслоения дефектов с учетом типа дефекта, дня недели, применяемого станка и работавшего оператора следует использовать сводные таблицы. Возможно, потребуются разбивка данных по станкам, операторам и т. д. Предполагается, что каждый оператор и каждый станок произвели одинаковое количество продукции. Исходные данные хранятся в файле Contoso.xlsx.
2. Вы, владелец ресторана быстрого питания, произвели маркетинговое исследование в целях изучения клиентов. В случайной выборке для клиентов указаны доход, пол и сколько дней в неделю они посещают рестораны быстрого питания. На основе этой информации определите, как пол и доход влияют на частоту посещения ресторанов быстрого питания. Данные находятся в файле McDonalds.xlsx.
3. Студенты Школы изящных искусств подали заявления на изучение или английского языка или методов научного исследования. Необходимо определить, проводит ли Школа изящных искусств политику дискриминации в отношении женщин при приеме студентов на обучение с учетом их выбора. О студентах Школы изящных искусств имеются следующие данные:
  - женщина (Female) или мужчина (Male);
  - предпочитаемая дисциплина: английский (Eng) или методы научного исследования (Sci);
  - принят? (Yes или No).

При условии, что женщины обладают равной с мужчинами квалификацией в каждой из дисциплин, свидетельствуют ли эти данные о дискриминации женщин? Используйте всю доступную информацию. Данные хранятся в файле Finearts.xlsx.

4. Вам поручено оценить качество медицинской помощи, оказанной пациентам с сердечными приступами в больницах Emergency Room (ER) и Chicago Hope (CH). За последние месяцы получены следующие данные о пациентах:
- больница (ER или CH);
  - категория риска (High или Low). Пациенты с высокой категорией риска выживают с меньшей вероятностью, чем пациенты с низкой категорией риска;
  - исход для пациента (Live или Die).

На основе этих данных определите, в какой из больниц качество оказания медицинской помощи пациентам с сердечными приступами выше. Подсказка: используйте все доступные данные. Данные находятся в файле Hospital.xlsx.

5. Дан ежемесячный уровень индекса Доу-Джонса для 1947—1992 гг. Отражают ли эти данные какие-либо необычные сезонные закономерности доходности акций? Подсказка: месяц (январь, февраль и т. д.) можно извлечь с помощью формулы =ТЕКСТ(A4, "MMM"), скопированной в любой столбец. Данные к заданию находятся в файле Dow.xlsx.
6. Файл Makeupdb.xlsx содержит информацию о продажах косметики. Для каждой сделки имеются следующие данные:
- имя продавца;
  - дата продажи;
  - продукт;
  - количество;
  - выручка;
  - регион.

Создайте сводную таблицу, объединяющую следующую информацию:

- число сделок для каждого продавца;
  - общую выручку по продуктам для каждого продавца;
  - на основе предыдущего создайте функцию, которая всегда возвращает данные о продаже помады для Джен (Jen);
  - общую выручку для каждого продавца с разбивкой по регионам;
  - общую выручку по каждому продавцу и году. (Подсказка: необходимо сгруппировать данные по годам.)
7. Для 1985—1992 гг. даны ежемесячные ставки процента по облигациям, по которым деньги выплачиваются через год после покупки. Часто предполагают, что высокие ставки процента являются более подвижными. Соответствуют ли данные в файле Intratevolvolatility.xlsx этому утверждению? (Подсказка: в сводных таблицах можно отобразить стандартные отклонения.)
8. На основе данных в примере с продовольственными товарами подготовьте диаграмму, отображающую тенденцию продаж по годам для каждого магазина.

9. Для примера с продовольственными товарами создайте вычисляемое поле для расчета средней цены единицы продукции для каждого продукта.
10. Для примера с продовольственными товарами создайте сводную диаграмму, суммирующие продажи каждого продукта в каждом магазине за 2005 и 2006 гг.
11. На основе данных в файле Calcitemdata.xlsx создайте вычисляемые объекты, суммирующие продажи десертов (пирожные + пудинги) и фруктов (яблоки + виноград).
12. Для примера с производством микрочипов создайте сводную таблицу, суммирующую ежемесячные продажи первого и третьего чипов во Франции и США.
13. В примере со сводной таблицей для клиентов покажите 15 самых крупных клиентов в одной таблице и 5 самых мелких клиентов в другой таблице.
14. Файл Ptablepartsdata.xlsx содержит данные продаж различных запчастей. Код для каждой запчасти начинается или с Part (для комплектующей) или с Comp (для компьютера). Создайте сводную таблицу, отображающую продажи только для комплектующих. (Подсказка: используйте фильтр по подписи.)
15. На основе данных к заданию 14 просуммируйте общие продажи для комплектующих и компьютеров.
16. Файл Cigarettedata.xlsx содержит данные выборки для американцев: возраст, информацию о том, курят ли они и что именно, сигареты или сигары, а также умерли ли они в текущем году. Какие выводы можно сделать на основании этих данных?
17. В файле Collegedata.xlsx находится следующая информация о студентах, подавших заявления в аспирантуру университета Kelley University: пол, желательная специализация, было ли заявление принято или отклонено. Созданная должным образом сводная таблица показывает, что женщин было принято меньше, чем мужчин. Существует ли в этом университете дискриминация женщин?
18. В файле AnalyzeSurveydata.xlsx содержатся ответы по шкале от 1 до 7 на различные вопросы анкеты о качестве обучения. Создайте сводную диаграмму, отображающую долю каждой оценки (1—7) в ответе на каждый вопрос. Отфильтруйте диаграмму для любого набора из трех вопросов на выбор.
19. Для данных из файла MonthtoMonth.xlsx создайте сводную таблицу, в которой показано приведенное отличие каждой ежемесячной продажи от продажи за предыдущий месяц для 2010 г.





# Модель данных

### Обсуждаемые вопросы

- ◆ Что представляет собой инструмент **Модель данных** и зачем его нужно изучать?
- ◆ Как добавить данные в модель данных?
- ◆ Как создать связь в модели данных?
- ◆ Как с помощью модели данных создать сводную таблицу?
- ◆ Как работает экспресс-просмотр?
- ◆ Как добавить новые данные в модель данных?
- ◆ Как удалить данные из модели данных?
- ◆ Как с помощью модели данных создать новую сводную таблицу?
- ◆ Как изменять и удалять связи?
- ◆ Как работает операция **Число различных элементов**?

### Ответы на вопросы

---

В этом разделе приведены ответы на вопросы в начале главы.

#### Что представляет собой инструмент *Модель данных* и зачем его нужно изучать?

Модель данных — это новый инструмент в Microsoft Excel 2013. (В Microsoft Excel 2010 была надстройка **Модель данных**.) Модель данных обеспечивает простой способ загрузки данных, выходящих за рамки обычных возможностей Microsoft Excel 2013 (1 048 576 строк данных), и создания на их основе сводных таблиц. Модель данных также позволяет комбинировать данные, поступающие в Excel из внешних источников (включая Access и SQL Server), с данными в Excel. Наконец, четкое представление о модели данных упрощает изучение возможностей PowerPivot (см. главу 45), доступного в версии Microsoft Excel 2013 Pro Plus или Microsoft Office 365.

В *главе 43* подробно описывалось применение для обобщения данных такого инструмента Excel, как сводные таблицы. Было показано создание сводных таблиц на основе данных из разных местоположений, но при этом данные должны были иметь одинаковые заголовки столбцов. Довольно часто такая информация отсутст-

ует. Например, файл `Datamodeltemp.xlsx` содержит два листа. На листе `Reps` (рис. 44.1, слева) перечислены идентификационные номера торговых представителей и штаты, в которых они продают продукцию. На листе `Sales` (рис. 44.1, справа) указаны объемы продаж для каждого сотрудника. Естественно было бы просуммировать продажи по штатам в сводной таблице. Но проблема заключается в том, что информация на листе `Sales` не включает штат, с которым работает каждый продавец. Для вставки соответствующего штата на лист `Sales` можно было бы добавить столбец с помощью функции `ВПР` (`VLOOKUP`). Однако при наличии нескольких сотен тысяч строк данных формулы с функцией `ВПР` заметно понизят производительность электронных таблиц. Модель данных Excel позволяет обойти формулы с `ВПР` путем создания связи между каждым продавцом и соответствующим штатом без необходимости обращения к медленным функциям `ВПР`.

Данные должны быть включены в модель данных при создании разнообразных диаграмм с помощью Power View (описание Power View см. в главе 46). Наконец, для смешивания данных из различных источников, таких как базы данных, Интернет, текстовые файлы и таблицы Excel, необходим PowerPivot (описанный в главе 45). После получения представления о модели данных понять функционирование PowerPivot намного проще. Power View и PowerPivot доступны только в версии Microsoft Excel 2013 Pro Plus или Microsoft Office 365, но инструмент **Модель данных** (Data Model) включен во все издания Microsoft Excel 2013.

	C	D	E	F	G			C	D	E	F
1								2		Код	Продажи
2		Код	Штат					3		103	\$88,00
3		103	\$88,00					4		242	\$87,00
4		242	\$87,00					5		300	\$98,00
5		300	\$98,00					6		131	\$256,00
6		131	\$256,00					7		92	\$474,00
7		92	\$474,00					8		282	\$418,00
8		282	\$418,00					9		210	\$216,00
9		210	\$216,00					10		458	\$119,00
10		458	\$119,00					11		212	\$364,00
11		212	\$364,00					12		258	\$418,00
12		258	\$418,00					13		405	\$212,00
13		405	\$212,00					14		322	\$173,00
14		322	\$173,00					15		272	\$163,00
15		272	\$163,00					16		460	\$344,00

Рис. 44.1. Пример данных для модели данных

### Как добавить данные в модель данных?

Перед добавлением каких-либо данных в модель данных необходимо создать из данных таблицу (см. главу 25). Сначала на листе `Reps` выделите данные, включая заголовки столбцов, и создайте таблицу при помощи комбинации клавиш `<Ctrl>+<T>`. Присвойте таблице имя `Reps`. Затем на вкладке **ВСТАВКА** (INSERT) выберите **Сводная таблица** (PivotTable) и в появившемся диалоговом окне устано-

вите флажок **Добавить эти данные в модель данных** (Add this data to the Data Model) — на рис. 44.2. Таким образом, данные на листе *Reps* будут включены в модель данных. Аналогично выделите данные на листе *Sales* и присвойте таблице имя *Sales*. Добавьте таблицу *Sales* в модель данных.

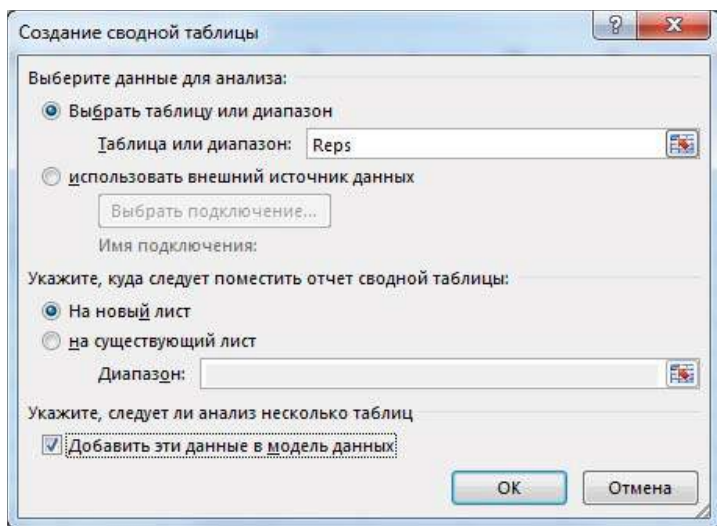


Рис. 44.2. Добавление данных в модель данных

### Как создать связь в модели данных?

В случае необходимости суммирования продаж по штатам возникает проблема. В настоящий момент неизвестно, с каким штатом работает каждый продавец. Требуется создать каким-либо образом связь, позволяющую определить штат для каждой строки данных в таблице *Sales*. После добавления таблицы *Sales* в модель данных такую связь можно создать, если на вкладке **ДАННЫЕ** (DATA) в группе **Работа с данными** (Data Tools) выбрать **Отношения** (Relationships) и нажать кнопку **Создать** (New). Откроется диалоговое окно **Создание связи** (Create Relationship), показанное на рис. 44.3. В поле **Связанный столбец (первичный**

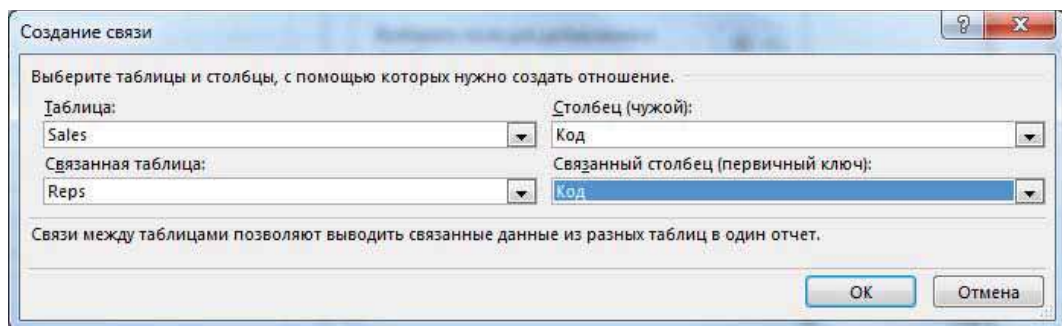


Рис. 44.3. Создание связи между таблицами

**ключ**) (Primary Column) должен быть указан столбец данных, обеспечивающий взаимно-однозначное соответствие, которое может быть отображено в поле **Столбец (чужой)** (Foreign Column). Поскольку штат для каждого торгового представителя указан в таблице Reps, первичным ключом должен быть столбец с идентификационным кодом из таблицы Reps. В качестве чужого столбца выберите столбец с кодом из таблицы Sales. Эти данные приведены на рис. 44.3. Теперь при создании сводной таблицы, суммирующей продажи по штатам, для каждого идентификационного кода в таблице Sales будет извлечен правильный штат из таблицы Reps.

### Как с помощью модели данных создать сводную таблицу?

После добавления таблицы Sales в модель данных появился список полей сводной таблицы. Выбрав вариант **ВСЕ (All)**, можно просмотреть список всех таблиц, добавленных в модель данных (рис. 44.4).

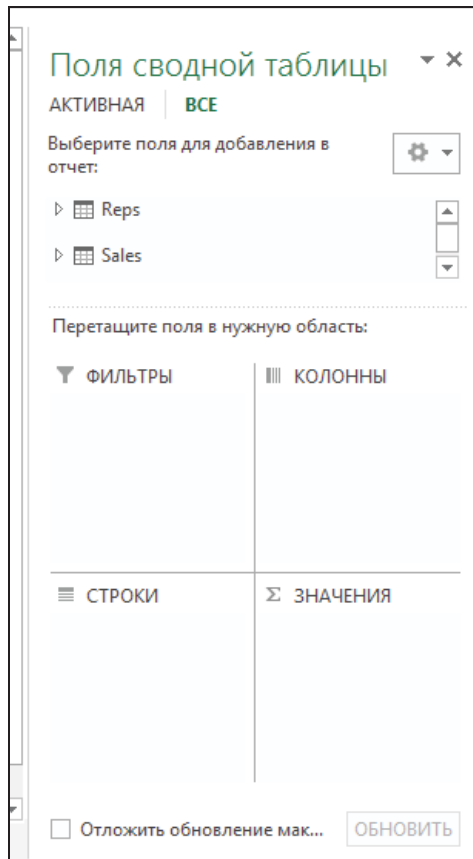


Рис. 44.4. Список полей, добавленных в модель данных

После щелчка на треугольниках слева от значков таблиц Reps и Sales появится список всех столбцов из этих таблиц. Для создания сводной таблицы с вычислением общих объемов продаж в каждом штате перетащите поле Штат в область **Строки**

(Rows), а поле Продажи в область **Значения** (Values), как показано на рис. 44.5. Появится сводная таблица, представленная на рис. 44.6.

Например, на Аляске было продано 10 846 единиц продукции, в Джорджии — 24 147 единиц и т. д.

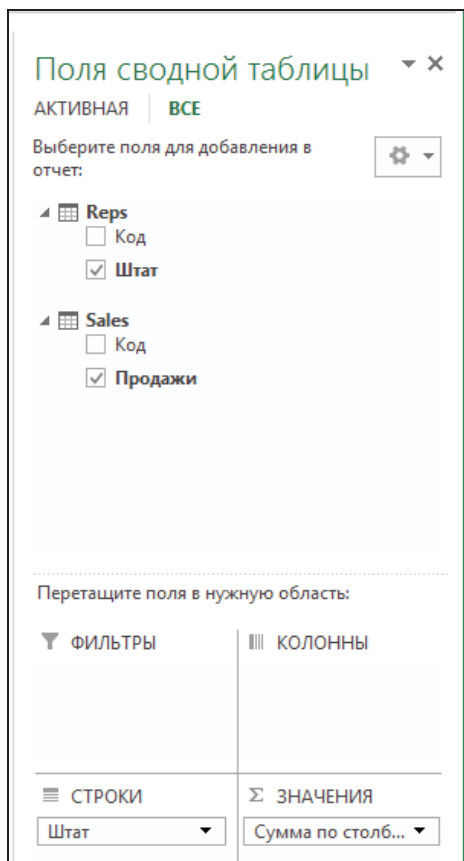


Рис. 44.5. Создание сводной таблицы, определяющей продажи в каждом штате

	A	B
1		
2		
3	Названия строк	Сумма по столбцу Продажи
4	AK	10846
5	AL	23517
6	AR	24948
7	AZ	10532
8	CA	16646
9	CO	17447
10	CT	15350
11	DE	27179
12	FL	15424
13	GA	24147
14	HI	15966
15	IA	9172
16	ID	16656
17	IL	21525
18	IN	4706
19	KS	13875
20	KY	16254
21	LA	13465

Рис. 44.6. Объемы продаж по штатам

Если попытаться создать сводную таблицу до создания связи, показанной на рис. 44.3, то для каждой строки в таблице Sales невозможно будет определить соответствующий ей штат. Поэтому появится сообщение о том, что могут потребоваться связи между таблицами.

### Как работает экспресс-просмотр?

Если щелкнуть на общем объеме продаж для какого-либо штата (здесь для Аляски), то появится значок **Экспресс-просмотр** (Quick Explore), показанный на рис. 44.7. После нажатия на этот значок откроется диалоговое окно, как на рис. 44.8. Экспресс-просмотр предлагает детализацию по идентификационному коду. Щелкнув на этом сообщении, можно просмотреть список продаж с кодами всех торговых представителей, осуществляющих продажи в штате Аляска (рис. 44.9).

	A	B	C
3	Названия строк	Сумма по столбцу Продажи	
4	AK	10846	
5	AL	23517	
6	AR	24948	

Рис. 44.7. Значок Экспресс-просмотр

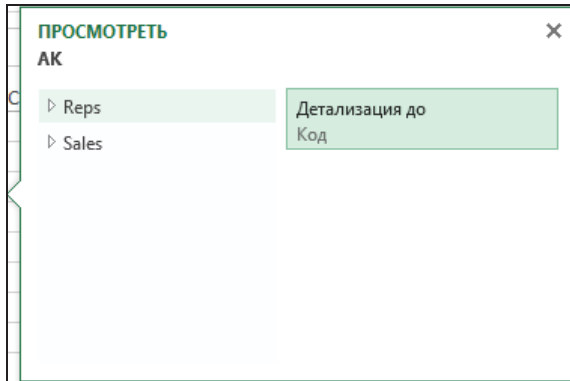


Рис. 44.8. Предложение просмотра по кодам торговых представителей

	A	B
3	Названия строк	Сумма по столбцу Продажи
4	11	1387
5	35	588
6	39	1631
7	151	1801
8	383	1388
9	395	2520
10	459	1531
11	Общий итог	10846

Рис. 44.9. Торговые представители в штате Аляска и объемы продаж

### Как добавить новые данные в модель данных?

Если требуется добавить новый набор данных в модель данных, создайте из данных таблицу и на вкладке **ВСТАВКА** (INSERT) выберите **Сводная таблица** (PivotTable). Установите флажок **Добавить эти данные в модель данных** (Add this data to the Data Model). Если теперь в списке полей сводной таблицы выбрать **ВСЕ** (ALL) вместо **АКТИВНАЯ** (ACTIVE), то можно использовать новые данные, добавленные в сводную таблицу.

Кроме того, новую таблицу Excel можно добавить в модель данных, открыв вкладку **ДААННЫЕ** (DATA) и выбрав **Свойства подключения** (Connections). Появится диалоговое окно **Подключения к книге для объекта** (Workbook Connections). Нажмите кнопку **Добавить** (Add) и в появившемся диалоговом окне **Существующие**

**подключения** (Existing Connections) откройте вкладку **Таблицы** (Tables), а затем добавьте новую таблицу в модель данных.

Если добавление новых данных означает добавление новых строк в таблицы, уже включенные в модель данных, на вкладке **ДАННЫЕ** (DATA) выберите **Свойства подключения** (Connections) и в появившемся диалоговом окне **Подключения к книге для объекта** (Workbook Connections) нажмите кнопку **Обновить** (Refresh) для включения новых данных в сводные таблицы.

### Как удалить данные из модели данных?

Для удаления данных из модели данных на вкладке **ДАННЫЕ** (DATA) выберите **Свойства подключения** (Connections). Как показано на рис. 44.10, в появившемся диалоговом окне **Подключения к книге для объекта** (Workbook Connections) можно выбрать таблицу (например, Repts) и для удаления таблицы из модели данных нажать кнопку **Удалить** (Remove).

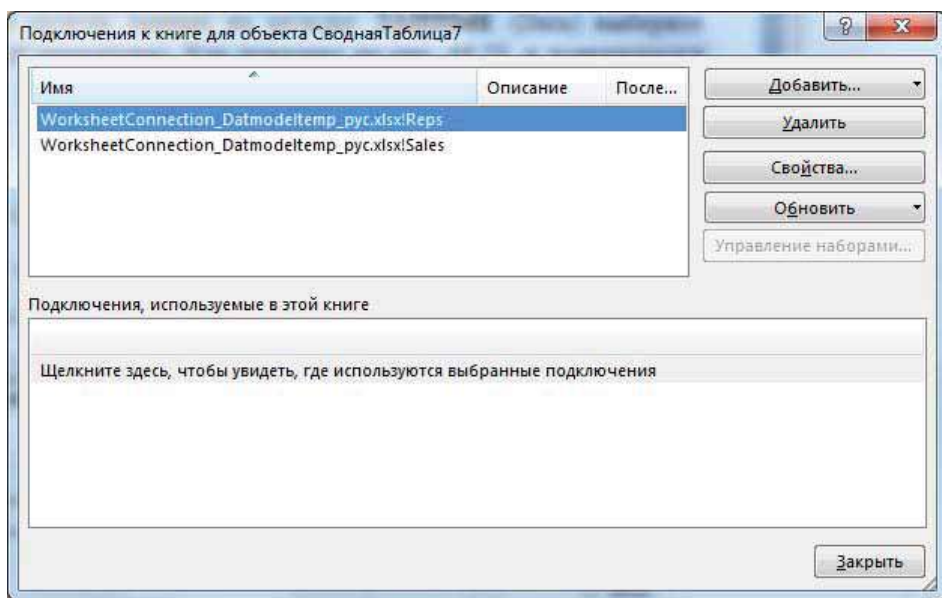


Рис. 44.10. Диалоговое окно Подключения к книге для объекта, в котором можно удалить таблицу Repts из модели данных

### Как с помощью модели данных создать новую сводную таблицу?

Для создания новой сводной таблицы из существующих данных выполните следующие действия:

1. Откройте диалоговое окно **Создание сводной таблицы** (Create PivotTable), выбрав на вкладке **ВСТАВКА** (INSERT) инструмент **Сводная таблица** (PivotTable).
2. Установите переключатель в положение **использовать внешний источник данных** (Use an external data source) и затем нажмите кнопку **Выбрать подключение** (Choose Connection).



3. В диалоговом окне **Существующие подключения** (Existing Connections) на вкладке **Таблицы** (Tables) выберите **Таблицы в модели данных книги** (Tables in Workbook Data Model). Появится диалоговое окно, представленное на рис. 44.11.

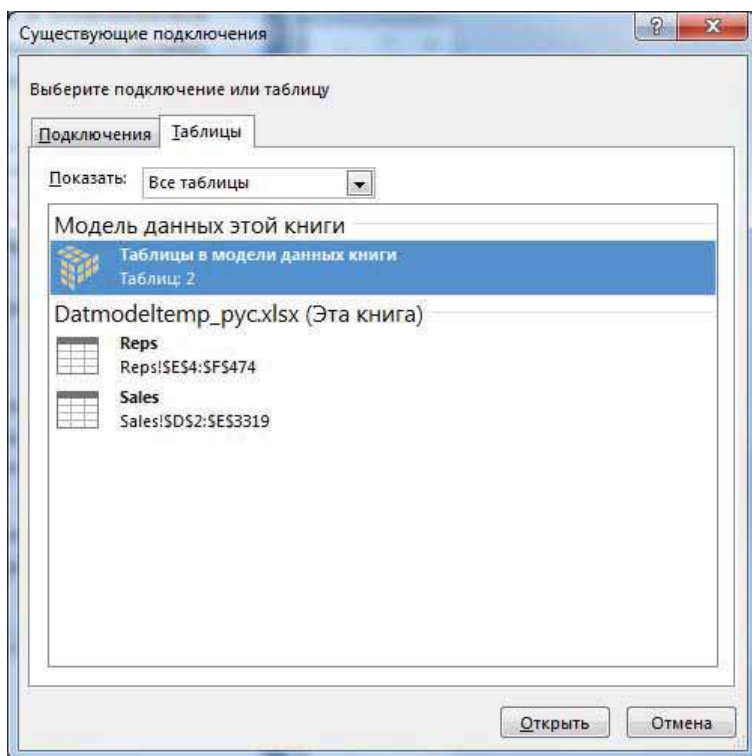


Рис. 44.11. Таблицы Sales и Reps теперь доступны для создания сводной таблицы

4. При нажатии кнопки **Открыть** (Open) произойдет возврат в диалоговое окно **Создание сводной таблицы** (Create PivotTable), в котором теперь можно завершить создание сводной таблицы.

### Как изменять и удалять связи?

Для изменения или удаления связей на вкладке **ДАННЫЕ** (DATA) в группе **Работа с данными** (Data Tools) выберите **Отношения** (Relationships). Откроется диалоговое окно **Управление связями** (Manage Relationships), показанное на рис. 44.12. В этом диалоговом окне можно изменить или удалить связи, а также создать новые связи.

### Как работает операция *Число различных элементов*?

В файле *Distinct Counttemp.xlsx* (представленном на рис. 44.13) находится список спортсменов (1–100) и полученные ими выплаты в счет зарплаты. Поскольку многие спортсмены получили по несколько выплат, они встречаются в списке несколь-

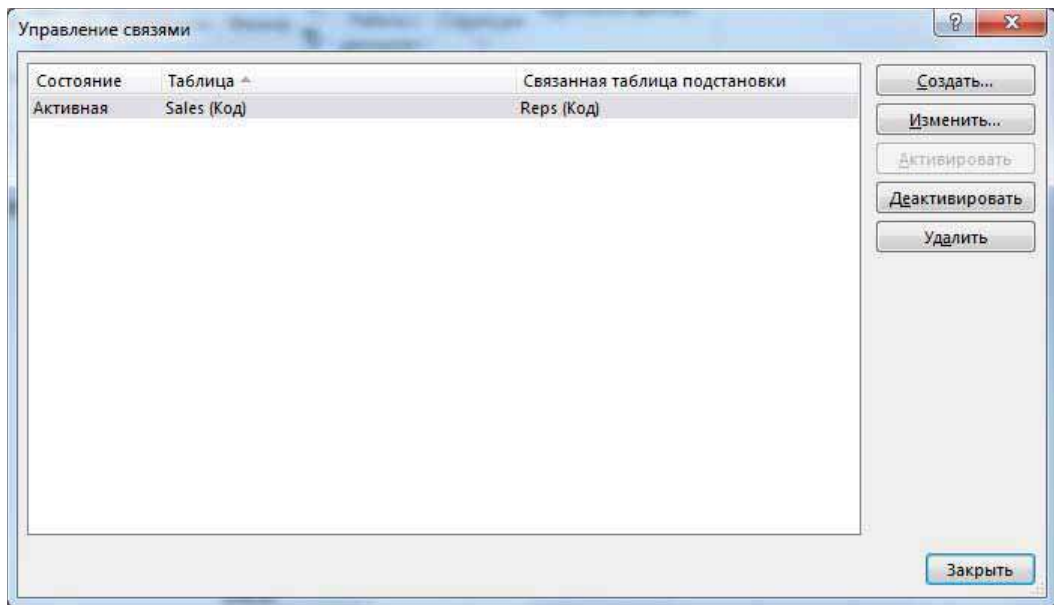


Рис. 44.12. Диалоговое окно Управление связями

	E	F	G	H	I	J	K	L
2	Спортсмен	Зарплата						
3	32	6						
4	66	4						
5	15	4						
6	53	7					Спортсмен	Вид спорта
7	26	9					1	Basketball
8	56	9					2	Hockey
9	80	7					3	Lacrosse
10	29	7					4	Football
11	63	4					5	Football
12	84	5					6	Lacrosse
13	79	4					7	Lacrosse
14	82	6					8	Baseball
15	69	6					9	Hockey
16	60	8					10	Lacrosse
17	59	8					11	Lacrosse
18	66	4					12	Football
19	6	10					13	Lacrosse
20	91	6					14	Baseball

Рис. 44.13. Данные к примеру

ко раз. Кроме того, для каждого спортсмена указан вид спорта, которым он занимается. Предположим, что необходимо определить количество спортсменов в каждом виде спорта. Сначала создайте из данных в диапазоне ячеек E3:F466 таблицу с именем Деньги, а из данных в диапазоне ячеек K6:L106 таблицу с именем Спорт. Добавьте

каждую таблицу в модель данных. Создайте связь с первичным ключом Спортсмен из таблицы Спорт и чужим столбцом Спортсмен из таблицы Деньги. Создайте сводную таблицу (см. лист Count of Person) путем перетаскивания поля Вид спорта в область **Строки** (Rows) и поля Спортсмен из таблицы Деньги в область **Значения** (Values). Не забудьте указать операцию **Количество** (Count). Появится сводная таблица, показанная на рис. 44.14. Поскольку в списке только 100 спортсменов, очевидно, что каждый спортсмен был посчитан несколько раз. Для решения этой проблемы щелкните правой кнопкой мыши в сводной таблице на любой ячейке, содержащей значение, и выберите в контекстном меню **Параметры полей значений** (Value Field Settings). Прокрутите список до конца и выберите, как показано на рис. 44.15, последний (но не менее важный) вариант **Число различных элементов** (Distinct Count). Этот выбор гарантирует, что каждый спортсмен будет учтен только один раз. Полученная в результате сводная таблица представлена на рис. 44.16. В этой таблице показано количество спортсменов, получавших зарплату, в каждом виде спорта! (На листе Distinct Count спортсмены подсчитаны только на основе таблицы Спорт.)

	A	B
1		
2		
3	Названия строк	Число элементов в столбце Спортсмен
4	Baseball	85
5	Basketball	96
6	Football	84
7	Hockey	72
8	Lacrosse	127
9	<b>Общий итог</b>	<b>464</b>

Рис. 44.14. Сводная таблица, в которой спортсмены учтены несколько раз

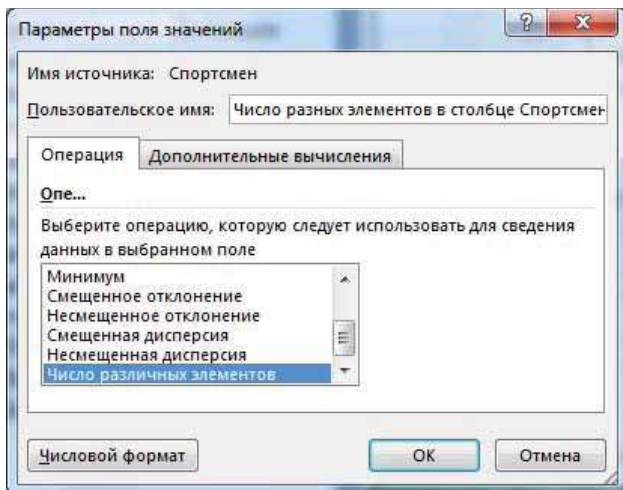


Рис. 44.15. Выбор операции **Число различных элементов** для получения количества спортсменов в каждом виде спорта

	А	В
3	Названия строк	Число разных элементов в столбце Спортсмен
4	Baseball	20
5	Basketball	18
6	Football	20
7	Hockey	14
8	Lacrosse	26
9	<b>Общий итог</b>	<b>98</b>

Рис. 44.16. Количество спортсменов в каждом виде спорта

## Задания

В файле Faberu.xlsx содержатся зарплаты, командировочные расходы, а также идентификаторы преподавателей, коды кафедр и коды должностей профессорско-преподавательского состава для всех бизнес-школ факультета. На основе этих данных решите следующие задачи. (Использовать функции ВПР запрещено!)

1. С помощью модели данных создайте сводную таблицу, вычисляющую среднюю зарплату с разбивкой по кафедрам.
2. С помощью модели данных создайте сводную таблицу, вычисляющую среднюю зарплату с разбивкой по должностям и кафедрам.
3. С помощью модели данных создайте сводную таблицу, вычисляющую средние командировочные расходы с разбивкой по кафедрам.



# PowerPivot

### Обсуждаемые вопросы

- ◆ Как загрузить данные в PowerPivot?
- ◆ Как с помощью PowerPivot создать сводную таблицу?
- ◆ Как использовать срезы с PowerPivot?
- ◆ Что такое функции DAX?

Впервые Microsoft PowerPivot как загружаемая надстройка была введена в Microsoft Excel 2010. PowerPivot для Excel доступна в Microsoft Excel 2013 Pro Plus и Microsoft Office 365. Надстройка PowerPivot для Microsoft Excel 2013 позволяет выполнить перечисленные далее действия.

- ◆ Сохранять и запрашивать большие объемы данных (сотни миллионов строк) эффективным способом с возможностью объединения нескольких форматов данных из нескольких источников. Например, часть данных может поступать из базы данных Microsoft Access, часть — из текстового файла, часть — из нескольких файлов Excel и часть — из оперативных данных, импортируемых с веб-сайта.
- ◆ Создавать вычисляемые столбцы (помимо определения полей). Например, если каждая строка исходных данных содержит доходы и расходы, можно создать вычисляемый столбец:  $\text{прибыль} = \text{доходы} - \text{расходы}$ . В состав PowerPivot входит множество функций языка выражений анализа данных (DAX, Data Expression Language), упрощающих создание вычисляемых столбцов.
- ◆ Создавать вычисляемые поля, агрегирующие данные из разных строк. Например, в вычисляемом поле можно рассчитать общую прибыль в виде суммы прибылей от каждой сделки.
- ◆ Создавать ключевые показатели эффективности (Key Performance Indicator, KPI), позволяющие организации отследить соответствие результатов поставленным целям. Например, с помощью ключевых показателей эффективности PowerPivot для каждого года и торгового представителя можно сравнить фактические продажи и квоты продаж.
- ◆ PowerPivot может служить источником данных (сводные таблицы, диаграммы, функции куба, Power View и т. д.) для отчетов по книге. (Power View рассматривается в *главе 46*.)
- ◆ Отчеты PowerPivot можно опубликовать в Microsoft SharePoint для автоматического обновления данных, упрощения совместного использования и для воз-

возможности мониторинга ИТ-инфраструктуры. После публикации они могут применяться как источники данных для получения другой аналитической или отчетной информации (например, для публикации в SharePoint, для процесса развертывания).

В этой главе описывается настройка PowerPivot. Для получения дополнительной информации о работе PowerPivot см. книгу Марко Руссо (Marco Russo) и Альберто Феррари (Alberto Ferrari) "Microsoft PowerPivot for Excel 2013: Give Your Data Meaning" (Microsoft Press 2013).

Для активизации надстройки PowerPivot откройте на ленте Excel вкладку **ФАЙЛ** (FILE), выберите команду **Параметры** (Options), а затем раздел **Надстройки** (Add-ins). В нижней части диалогового окна **Управление надстройками Microsoft Office** (Add-ins) выберите в раскрывающемся списке **Надстройки COM** (COM Add-ins) и нажмите кнопку **Перейти** (GO). В появившемся диалоговом окне в списке надстроек выберите **Microsoft Office PowerPivot for Excel 2013** и нажмите кнопку **ОК**. На ленте появится вкладка **POWERPIVOT**.

## Ответы на вопросы в начале главы

В этом разделе приведены ответы на вопросы, перечисленные в начале главы.

### Как загрузить данные в PowerPivot?

После активации PowerPivot вкладка **POWERPIVOT** появляется на ленте Excel. Откройте эту вкладку (рис. 45.1) и нажмите кнопку **Управление** (Manage). На рис. 45.2 показано диалоговое окно **PowerPivot для Excel** с открытой вкладкой **В начало** (Home).

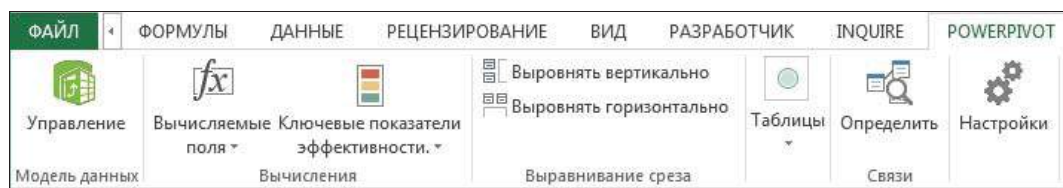


Рис. 45.1. Вкладка POWERPIVOT

На вкладке **В начало** (Home) можно импортировать данные из нескольких источников данных и в нескольких форматах, например:

- ◆ если выбрать **Из базы данных** (From Database), PowerPivot загрузит данные из базы данных Access или SQL Server или данные из отчета SQL Server Reporting Services;
- ◆ если выбрать **Из службы данных** (From Data Service), можно прочесть данные с веб-сайта, имеющего канал OData.

Для получения дополнительной информации о каналах OData см. <http://mdn.microsoft.com/en-us/magazine/ff714561.aspx>;



Рис. 45.2. Окно PowerPivot для Excel с вкладкой В начало

- ◆ если выбрать **Из других источников** (From Other Sources), можно загрузить данные из всех поддерживаемых источников данных, включая файлы Excel, текстовые файлы, а также другие типы баз данных, например, Oracle или Teradata;
- ◆ для вставки в таблицу PowerPivot данных, созданных в таблице Excel, выберите **Буфер обмена** (Paste).

Продемонстрируем загрузку данных в PowerPivot из нескольких источников на примере текстового файла Storesales.txt, в котором содержится информация о продажах в 20 магазинах. Часть данных представлена на рис. 45.3.

Как видно из рисунка, для каждой сделки указан номер магазина, проданный продукт, дата продажи и выручка. Требуется суммировать эти данные по штатам, но

Магазин	Продукт	Дата	Количество	Выручка
20	food	3/15/2011	37	\$16.28
10	cds	11/29/2014	70	\$19.60
6	dvds	8/11/2010	68	\$39.44
4	dvds	5/11/2012	120	\$92.40
6	food	7/8/2011	129	\$101.91
6	books	9/7/2011	16	\$2.24
5	magazines	1/4/2014	101	\$72.72
18	cds	9/27/2011	67	\$8.04
15	magazines	9/29/2014	132	\$105.60
13	food	1/27/2011	38	\$23.18
7	books	4/13/2014	103	\$17.51
3	books	2/17/2010	127	\$21.59
16	food	6/6/2014	129	\$29.67
18	dvds	11/30/2011	149	\$80.46
17	cds	2/5/2010	64	\$9.60
2	books	6/18/2011	147	\$26.46
8	toys	6/22/2014	72	\$12.24

Рис. 45.3. Данные о продажах для загрузки в PowerPivot



штат для каждого магазина указан в другом файле — States.xlsx. Данные из этого файла показаны на рис. 45.4.

Необходимо создать таблицу PivotTable, которая позволит получить срез данных по продажам каждого продукта в каждом штате. Сначала откройте вкладку **POWERPIVOT** и нажмите кнопку **Управление** (Manage). Откроется диалоговое окно **PowerPivot для Excel**. Рассмотрим вкладку **В начало** (Home), показанную на рис. 45.2. Так как в задаче требуется импортировать текстовый файл, в группе **Из других источников** (From Other Sources) выберите **Текстовый файл** (From Text). Это последняя строка в списке мастера импорта таблиц. Как видно из рис. 45.5, здесь выбран файл storesales.txt. Понятное имя соединения Text storesales выбрано по умолчанию. Поскольку первая строка данных содержит заголовки столбцов, установите флажок **Использовать первую строку в качестве заголовков столбцов** (Use first row as column headers). В раскрывающемся списке **Разделитель столбцов** (Column Separator) выберите **Табуляция** (Tab), т. к. разделителями полей данных в текстовом файле являются знаки табуляции. Нажмите кнопку **Готово** (Finish) и затем кнопку **Заккрыть** (Close) для завершения процесса импорта данных из текстового файла в PowerPivot.

	F	G
7	Магазин	Штат
8	1	IND
9	2	IND
10	3	ILL
11	4	ILL
12	5	ILL
13	6	ILL
14	7	ILL
15	8	ILL
16	9	MICH
17	10	MICH
18	11	MICH
19	12	MICH
20	13	MICH
21	14	MICH
22	15	KY
23	16	KY
24	17	KY
25	18	KY
26	19	IOWA
27	20	IOWA

Рис. 45.4. Местоположение магазинов

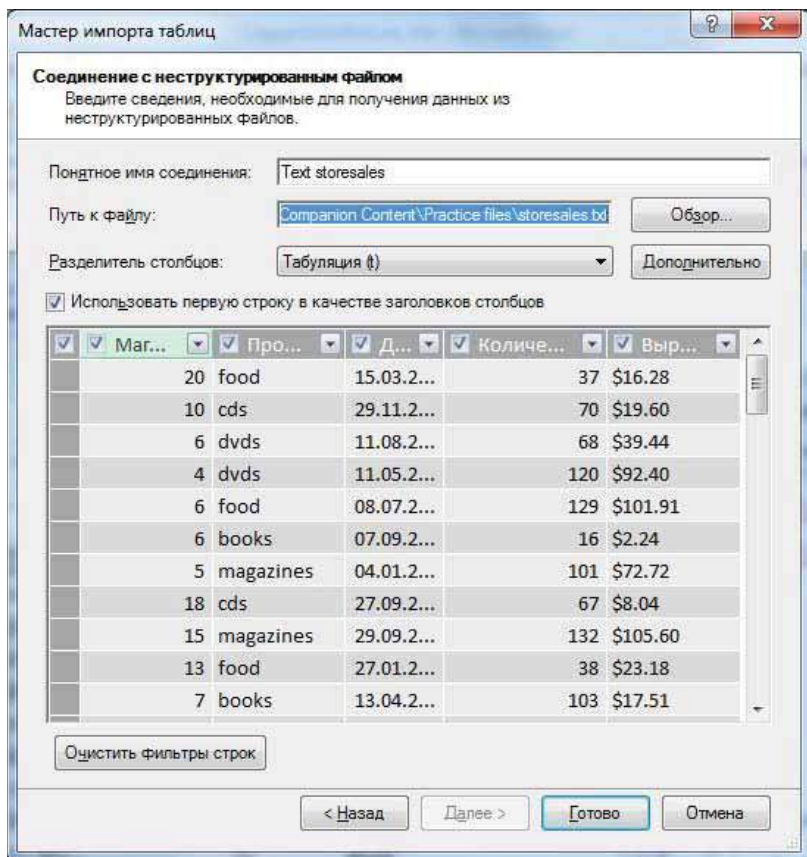


Рис. 45.5. Настройка импорта текстового файла в PowerPivot

Результат импорта текстовых данных в PowerPivot представлен на рис. 45.6. На рисунке показано подмножество данных. Внизу видна вкладка, показывающая, что источником данных выступает файл storesales.txt. Имя вкладки является именем таблицы, его можно создать во время процесса импорта.

Магазин	Продукт	Дата	Количество	Выручка
5	magazines	04.01.2014 ...	101	72,72
15	magazines	29.09.2014 ...	132	105,6
19	magazines	07.08.2012 ...	142	75,26
17	magazines	05.09.2012 ...	146	65,7
17	magazines	05.07.2013 ...	82	31,98
2	magazines	10.02.2013 ...	114	33,06
1	magazines	29.11.2013 ...	107	53,5
3	magazines	02.02.2014 ...	148	56,24
4	magazines	16.07.2012 ...	27	20,52
13	magazines	12.05.2013 ...	120	82,8
11	magazines	15.10.2014 ...	108	73,44

storesales

Рис. 45.6. Подмножество данных, импортированных из файла storesales.txt

Далее необходимо импортировать файл States.xlsx с возможностью установления его связи с данными о продажах. Для импорта файла States.xlsx вернитесь в Excel, щелкнув на вкладке **POWERPIVOT** по значку **Переключиться в книгу** (Switch To Workbook Excel) в левом верхнем углу. Откройте файл States.xlsx и преобразуйте данные в таблицу (<Ctrl>+<T>). Скопируйте требуемые данные. В PowerPivot (см. рис. 45.2) на вкладке **В начало** (Home) выберите **Буфер обмена** (Paste) и **Вставить** (Paste). Откроется диалоговое окно **Просмотр вставки** (Paste Preview), показанное на рис. 45.7.

Удостоверьтесь, что флажок **Использовать первую строку в качестве заголовков столбцов** (Use first row as column headers) установлен, и замените имя таблицы на States. Нажмите кнопку **ОК**, и данные из файла States.xlsx будут импортированы в PowerPivot (рис. 45.8). Обратите внимание, что в нижней части окна появились вкладки для каждой таблицы, которые можно указать при создании отчетов.

Кроме того, данные из файла можно было бы импортировать в PowerPivot, выбрав **Файл Excel** (Excel File) в мастере импорта таблиц и указав путь к файлу с последующим выбором страницы.

Напомним, что в задаче требуется проанализировать продажи в различных штатах. Проблема заключается в том, что в настоящее время в PowerPivot не установлено



**Создание связи** (Create Relationship) и выполнить действия, описанные в *главе 44*. Однако гораздо проще на вкладке **В начало** (Home) в группе **Просмотр** (View) выбрать **Представление диаграммы** (Diagram View) и определить необходимую связь путем перетаскивания соответствующего столбца (рис. 45.9).

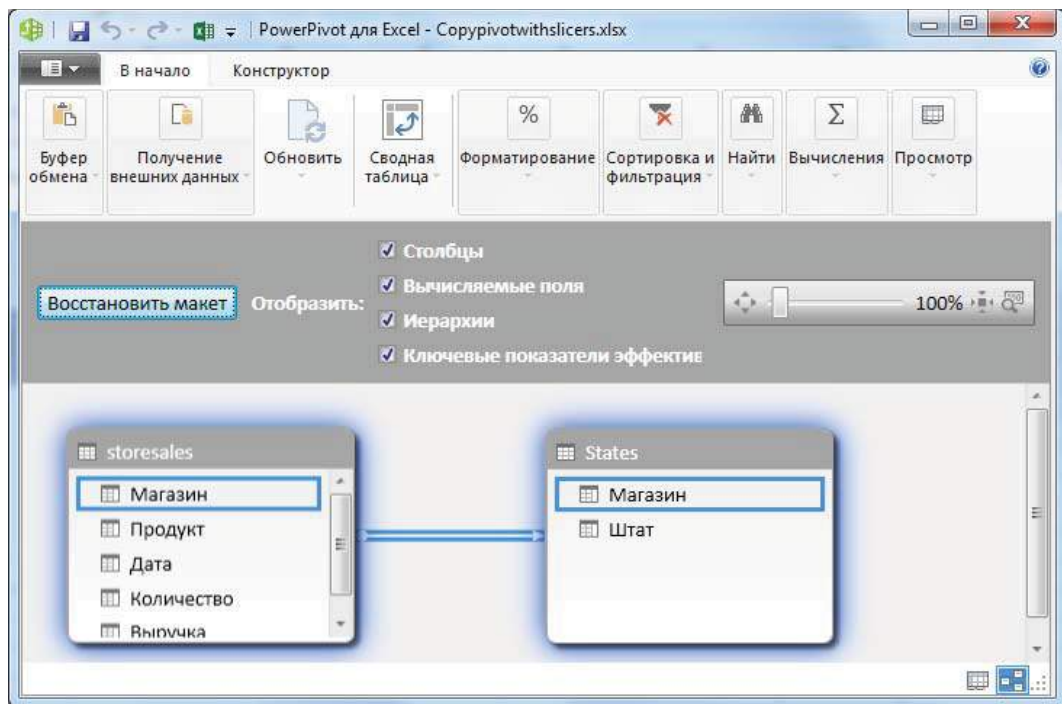


Рис. 45.9. Схема связи между двумя источниками данных

Для возврата к просмотру данных в группе **Просмотр** (View) выберите **Представление данных** (Data View).

### Как с помощью PowerPivot создать сводную таблицу?

Теперь все готово для обобщения данных продаж в PowerPivot посредством сводной таблицы. Для обсуждения других типов отчета, поддерживаемых в PowerPivot, см. уже упомянутую книгу Феррари и Руссо. В окне **PowerPivot** откройте вкладку **В начало** (Home) и выберите **Сводная таблица** (PivotTable). Откроется диалоговое окно **Вставка сводной таблицы** (Create PivotTable) с запросом выбора расположения таблицы на новом листе или на существующем листе. Выберите новый лист. На нем появится панель **Поля сводной таблицы** (PivotTable Fields), показанная на рис. 45.10.

Щелкните на треугольниках слева от таблиц **States** и **storesales** для получения доступа ко всем импортированным столбцам (которые здесь называются полями). Цель — получить разбивку по штатам и продуктам для общей выручки и количества проданных единиц продукции. Для суммирования выручки и количества проданных единиц продукции перетащите поля **Выручка** и **Количество** в область **Значения**

(Values). Перетащите поле **Штат** в область **Строки** (Rows) и поле **Продукт** в область **Столбцы** (Columns) — рис. 45.11. Обратите внимание, что поля, выбранные для сводной таблицы, помечены.

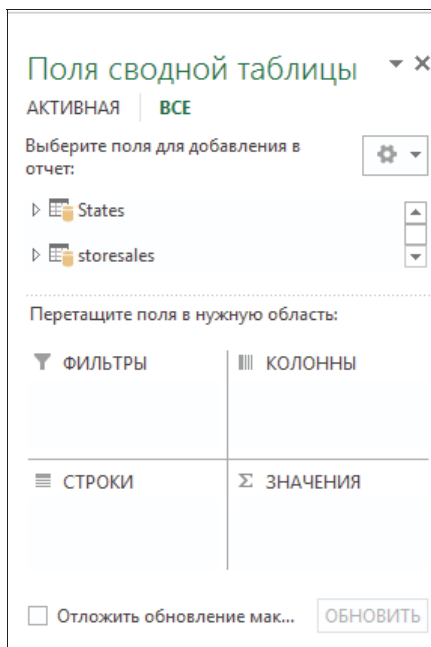


Рис. 45.10. Панель Поля сводной таблицы

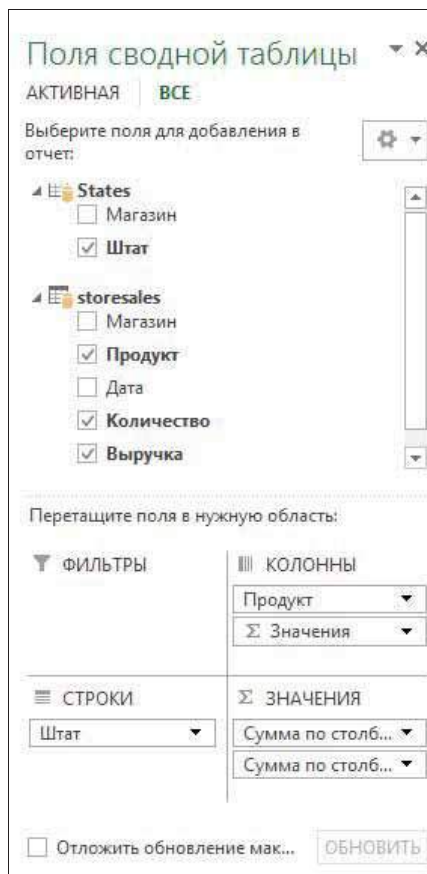


Рис. 45.11. Распределение полей по областям для создания сводной таблицы

Часть полученной сводной таблицы представлена на рис. 45.12. Как видно из рисунка, в Иллинойсе (ILL) было продано 3881 DVD на общую сумму 2295,76 долларов.

	B	C	D	E	F	G
1						
2						
3						
4		Названия столбцов				
5		books		cds		dvds
6	Названия строк	Сумма по столбцу	Выручка	Сумма по столбцу	Количество	Сумма по столбцу
7	ILL	1542,74	4063	1880,44	3881	2295,76
8	IND	697,08	1906	799,09	1812	874,89
9	IOWA	518,61	1341	651,49	1448	480,66
10	KY	1654,53	3329	1051,28	2386	1952,7
11	MICH	2071,94	4384	1680,84	4236	1320,06
12	Общий итог	6484,9	15023	6063,14	13763	6924,07

Рис. 45.12. Сводная таблица с разбивкой продаж продукции по штатам

## Как использовать срезы с PowerPivot?

В *главе 43* описывалось применение срезов для получения подробной информации и различных перспектив при анализе сводных таблиц. Здесь также можно создать срезы для обобщения данных по любому набору продуктов и магазинов. Для этого щелкните правой кнопкой мыши имя поля на панели **Поля сводной таблицы** (PivotTable Fields) и выберите в контекстном меню **Добавить как срез** (Add As Slicer). Срезы для полей *Магазин* и *Продукт* показаны на рис. 45.13 (см. файл Pivotwithslicers.xlsx). Внешний вид срезов можно изменить с помощью команды контекстного меню **Размер и свойства**. Например, для среза *Магазин* можно определить размещение списка в четырех столбцах. Как было сказано в *главе 43*, удерживая клавишу <Ctrl> можно выбрать несколько продуктов и/или магазинов. Кроме того, с помощью клавиши <Shift> можно выбрать в срезе любой непрерывный диапазон. В сводной таблице, представленной на рис. 45.13, просуммированы общая выручка и количество проданных книг и продуктов питания в магазинах с 7 по 11. Поскольку все эти магазины находятся в Иллинойсе или Мичигане, то в результирующей сводной таблице показаны только эти два штата.

	В	С	Д	Е	Ф	Г	Н																									
1																																
2																																
3																																
4		books		food		Итого																										
5	Итого	Сумма по столбцу Выру	Сумма по столбцу Кол	Сумма по столбцу Выру	Сумма по столбцу Количество	Итого	Сумма по столбцу Выру																									
6	ИЛ	652,88	1785	588,04	1212	1240,92	2997																									
7	МИСН	971,28	2024	1014,01	2258	1985,29	4282																									
8	Общий итог	1624,16	3809	1602,05	3470	3226,21	7279																									
9																																
10		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Магазин</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr> <tr><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td></tr> <tr><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td></tr> <tr><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td></tr> <tr><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td></tr> </tbody> </table>				Магазин				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			
Магазин																																
1	2	3	4																													
5	6	7	8																													
9	10	11	12																													
13	14	15	16																													
17	18	19	20																													
11		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Продукт</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>books</td></tr> <tr><td>cds</td></tr> <tr><td>dvds</td></tr> <tr><td>food</td></tr> <tr><td>magazines</td></tr> <tr><td>toys</td></tr> </tbody> </table>				Продукт				books	cds	dvds	food	magazines	toys																	
Продукт																																
books																																
cds																																
dvds																																
food																																
magazines																																
toys																																
12																																
13																																
14																																
15																																
16																																
17																																
18																																
19																																
20																																
21																																
22																																
23																																
24																																
25																																
26																																

Рис. 45.13. Срезы *Продукт* и *Магазин*

## Что такое функции DAX?

Согласно информации в *главе 43*, в сводной таблице можно создавать новые формулы с помощью вычисляемых объектов или вычисляемых полей. После импорта данных в PowerPivot можно создавать новые вычисляемые столбцы посредством языка выражений анализа данных (DAX, Data Analysis eXpressions), что делает модель данных еще более значимой.

### ПРИМЕЧАНИЕ

Рассмотрение языка DAX не входит в задачи данной главы. Язык DAX подробно описан в книге "Microsoft PowerPivot for Excel 2013: Give Your Data Meaning".

Продemonстрируем некоторые формулы DAX на примере создания вычисляемых столбцов для года, месяца и дня в месяце. Сначала в окне **PowerPivot** откройте вкладку **storesales** и выберите первый пустой столбец. Нажмите под вкладкой **POWERPIVOT** кнопку **fx** для просмотра списка функций DAX. Многие из этих функций (например, **YEAR**, **MONTH** и **DAY**) основаны на функциях Excel. После выбора категории **Дата и время (Date&Time)** появится список, приведенный на рис. 45.14. Язык DAX включает множество других мощных функций. Например, функция **DISTINCT** возвращает таблицу уникальных значений в указанном столбце.

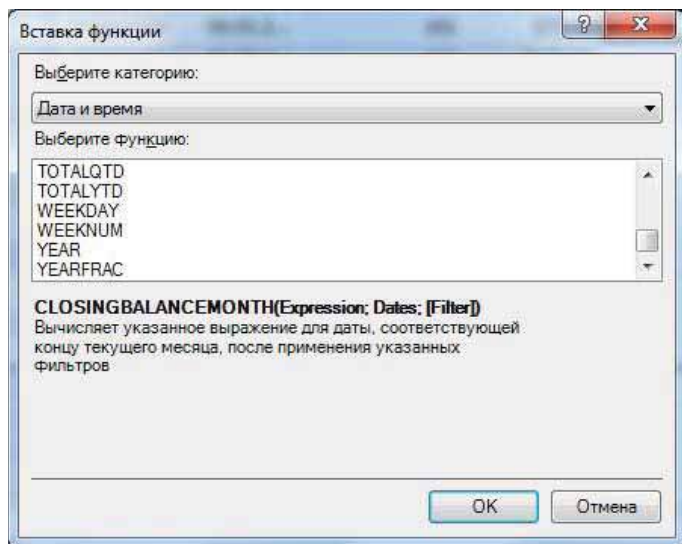


Рис. 45.14. Список функций DAX

Для распределения года, месяца и дня каждой сделки по разным столбцам введите в первой ячейке первого пустого столбца формулу `=YEAR(st`. Появится подсказка со списком столбцов из таблиц модели данных, которые можно передать в функцию **YEAR**. Выберите столбец с датой и завершите ввод формулы `=YEAR(storesales[Дата])`. Столбец заполнится значениями соответствующих годов для каждой сделки. Щелкнув правой кнопкой мыши на заголовке столбца, можно переименовать его в **Год**. В следующем столбце вычислите месяц по формуле `=MONTH(storesales[Дата])`. И, наконец, вычислите день месяца по формуле `=DAY(storesales[Дата])`. Щелкните правой кнопкой мыши заголовки этих столбцов и присвойте им имена **Месяц** и **День**, соответственно. Таблица с вычисляемыми столбцами представлена на рис. 45.15.

Теперь вы умеете создавать различные информативные сводные таблицы. Например, можно просуммировать продажи для каждого штата по годам (см. задание 1).

The screenshot shows the PowerPivot for Excel interface. The PivotTable is set to show data for 'magazines' with columns for 'Продукт', 'Дата', 'Количество', 'Выручка', 'Год', 'Месяц', and 'День'. The formula bar displays the DAX formula for the 'Месяц' column: `=MONTH(storesales[Дата])`.

Продукт	Дата	Количество	Выручка	Год	Месяц	День
magazines	04.01.201...	101	72,72	2014	1	4
magazines	29.09.201...	132	105,6	2014	9	29
magazines	07.08.201...	142	75,26	2012	8	7
magazines	05.09.201...	146	65,7	2012	9	5
magazines	05.07.201...	82	31,98	2013	7	5
magazines	10.02.201...	114	33,06	2013	2	10
magazines	29.11.201...	107	53,5	2013	11	29
magazines	02.02.201...	148	56,24	2014	2	2
magazines	16.07.201...	27	20,52	2012	7	16
magazines	12.05.201...	120	82,8	2013	5	12
magazines	15.10.201...	108	73,44	2014	10	15

Рис. 45.15. Вычисляемые столбцы Год, Месяц и День, созданные с помощью формул DAX

## Задания

1. Вычислите общие продажи для каждого штата по годам.
2. Вычислите общую выручку по магазинам и создайте срез для магазинов.





## Power View

### Обсуждаемые вопросы

- ◆ Как подготовить данные для Power View?
- ◆ Какие диаграммы можно создать с помощью Power View?
- ◆ Как отфильтровать диаграммы Power View?
- ◆ Как отобразить данные продаж по штатам или странам?
- ◆ Как преобразовать точечную диаграмму для временных рядов в анимацию?
- ◆ Как с помощью множителей быстро создать несколько диаграмм?

Настройка Power View для Excel доступна в Microsoft Excel 2013 Pro Plus и Microsoft Office 365. В этой главе описывается, как с помощью Power View можно строить диаграммы и графики. Как правило, Power View создает в книге новый лист, представляющий собой чистый холст, на котором можно построить несколько диаграмм. В Power View можно отобразить продажи на карте США или карте мира и даже преобразовать точечную диаграмму американской преступности в анимацию эволюции во времени.

Для активации надстройки Power View на ленте Excel откройте вкладку **ФАЙЛ** (FILE) и выберите **Параметры** (Options), затем **Надстройки** (Add-ins). В нижней части диалогового окна **Управление надстройками Microsoft Office** (Add-ins) выберите в раскрывающемся списке **Надстройки COM** (COM Add-ins) и нажмите кнопку **Перейти** (GO). В появившемся диалоговом окне в списке надстроек выберите **Microsoft Office Power View For Excel 2013** и нажмите кнопку **ОК**. На вкладке **ВСТАВКА** (INSERT) в группе **Отчеты** (Reports) появится значок **Power View** (рис. 46.1). Для добавления нового листа Power View щелкните на этом значке. Если на вашем компьютере еще не установлена и не активирована надстройка Silverlight, появится сообщение о необходимости таких действий. Эту надстройку можно загрузить бесплатно.

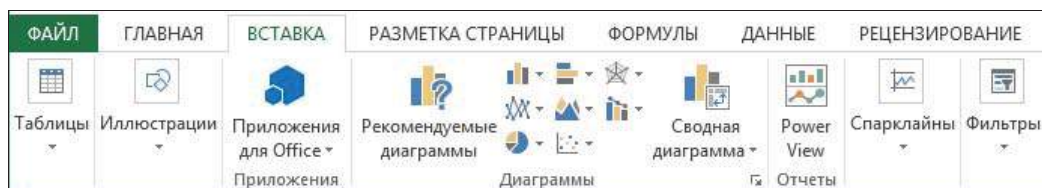


Рис. 46.1. Вкладка ВСТАВКА на ленте Excel со значком Power View

## Ответы на вопросы

В этом разделе приведены ответы на вопросы, перечисленные в начале главы.

### Как подготовить данные для Power View?

Для подготовки данных Excel в качестве источника данных для отчета Power View следует выделить данные и вставить новый лист Power View. Выделенный диапазон автоматически добавляется в модель данных книги (см. главу 44). На рис. 46.2 приведены данные чайной компании (см. файл Teasales.xlsx), которые будут использоваться в примерах в этой главе. В каждой строке данных содержится год, штат, проданный продукт и количество проданных единиц продукции. Все данные Excel, которые служат источником данных для отчетов Power View, рекомендуется преобразовать в таблицу Excel (см. главу 25). Это позволит автоматически включать новые данные в отчеты Power View.

Если на ленте Excel на вкладке **ДАННЫЕ** (DATA) выбрать группу **Получение внешних данных** (Get External Data), то в качестве исходных данных для отчетов Power View можно также указать внешние базы данных, текстовые файлы и веб-сайты.

В рамках подготовки к созданию диаграмм из данных, показанных на рис. 46.2, на вкладке **ВСТАВКА** (INSERT) выберите Power View.

В книге появится пустой лист Power View (рис. 46.3) и панель **Поля Power View** (Power View Fields) на основе таблицы Продажи\_чая. Щелкните на треугольнике слева от значка таблицы Продажи\_чая для отображения всех ее полей.

	C	D	E	F
4	Год	Штат	Количество	Продукт
5	2010	MO	415	black tea
6	2013	NC	462	black tea
7	2008	IL	662	peach tea
8	2010	AL	279	white tea
9	2012	VA	309	black tea
10	2013	ID	495	black tea
11	2010	MS	645	black tea
12	2008	ND	202	black tea
13	2009	MT	605	black tea
14	2014	NJ	668	white tea
15	2012	WV	667	white tea
16	2009	VT	543	white tea
17	2013	ID	634	peach tea
18	2011	OR	609	white tea
19	2014	SC	603	lemon tea
20	2012	SC	550	black tea
21	2009	ME	537	green tea
22	2014	MA	293	white tea
23	2008	NC	265	lemon tea

Рис. 46.2. Данные о продажах чая, подготовленные для Power View

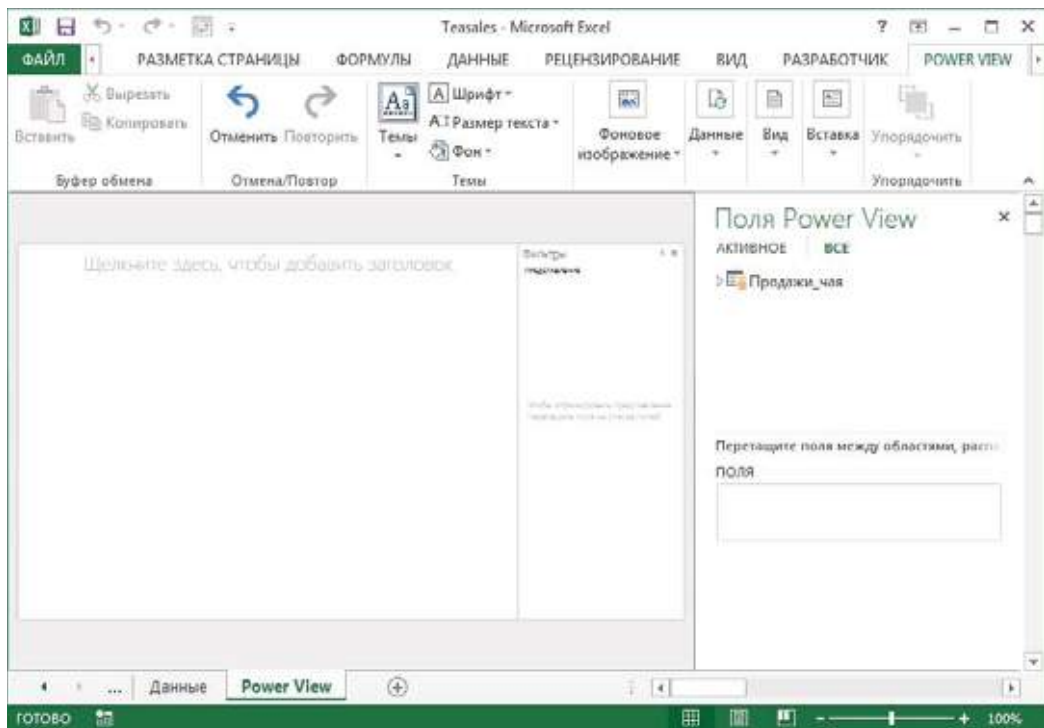


Рис. 46.3. Пустой лист Power View

Предположим, требуется создать диаграммы на основе года, количества проданных единиц продукции и проданных продуктов. После выбора поля **Год** и **Количество** появятся в области **ПОЛЯ** (FIELDS) — рис. 46.4. Щелкните на стрелке раскрывающегося списка справа от поля **Год** и замените метод расчета на **Не суммировать** (Do Not Summarize). В противном случае все строки, содержащие год, будут просуммированы в столбце **Год**. После ввода заголовка (**Продажи чая**) отчет (рис. 46.5), состоящий из единственной таблицы, в которой указано общее количество проданных единиц продукции для каждого года, готов. Теперь таблицу можно преобразовать в другие визуальные формы, в том числе в диаграммы.

### Какие диаграммы можно создать с помощью Power View?

Откройте вкладку **КОНСТРУИРОВАНИЕ** (DESIGN). Слева на ленте находится арсенал визуализации данных надстройки Power View (рис. 46.6). Группа **Другие диаграммы** (Other Charts) включает такие диаграммы, как **Линейная диаграмма** (Line), **Точечная диаграмма** (Scatter) и **Круговая диаграмма** (Pie). Инструмент **Карта** (Map) описан далее в этой главе.

Сначала отобразим общее количество единиц продукции, проданной в каждом году, с помощью гистограммы с накоплением. Удостоверьтесь, что таблица находится в фокусе (выделите ее), и затем на вкладке **КОНСТРУИРОВАНИЕ** (DESIGN) в группе **Гистограмма** (Column Chart) выберите **Гистограмма с накоплением** (Stacked Column). Размер диаграммы можно изменить путем перетаскивания сторон

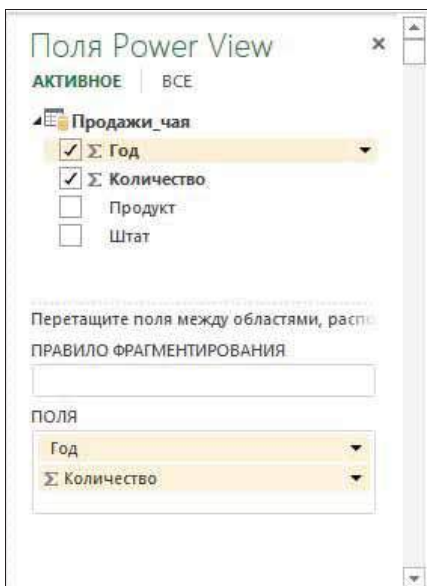


Рис. 46.4. Поля Год и Количество добавлены в область ПОЛЯ

Продажи чая

Год	Количество
2008	88714
2009	89254
2010	85339
2011	77059
2012	96854
2013	90668
2014	82893
2015	85233
<b>Всего</b>	<b>696014</b>

Рис. 46.5. Таблица продаж чая по годам



Рис. 46.6. Диаграммы, доступные в Power View

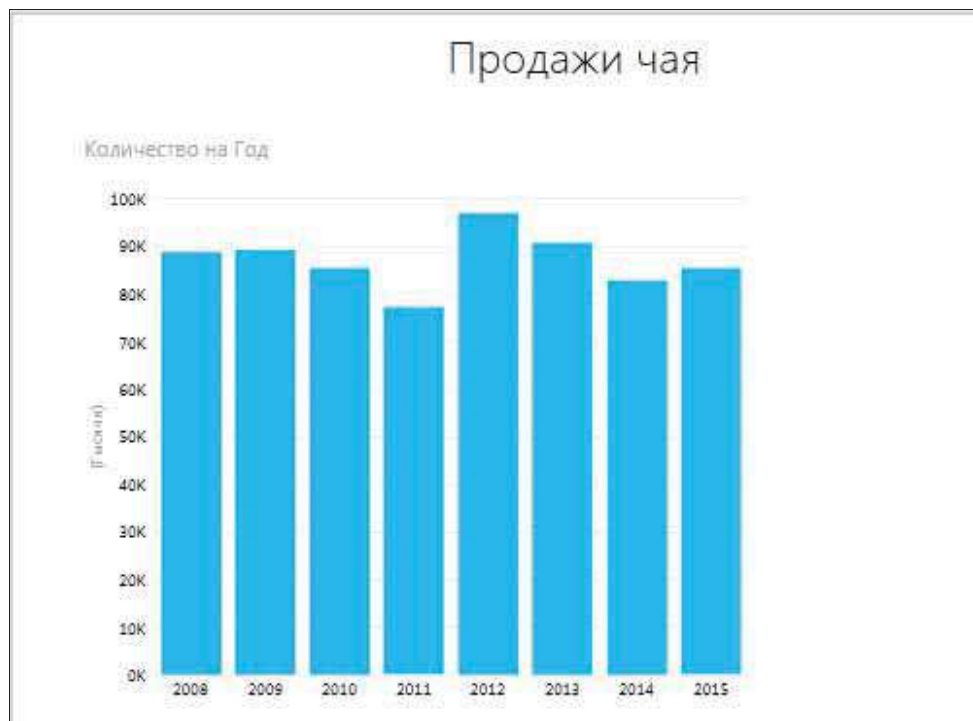


Рис. 46.7. Диаграмма продаж чая по годам

или углов диаграммы (см. диаграмму на рис. 46.7 и на листе Power View 1 в файле Teasalescharts.xlsx).

Добавьте на холст еще одну диаграмму! Предположим, что требуется создать линейную диаграмму, показывающую количество проданных единиц продукции в каждом году для каждого продукта. Щелкните по пустой части холста и на панели **Поля Power View** (Power View Fields) выберите Год, Количество и Продукт для создания таблицы из этих трех полей. На вкладке **КОНСТРУИРОВАНИЕ (DESIGN)** преобразуйте эту таблицу в линейную диаграмму. Результат представлен на рис. 46.8.

### Как отфильтровать диаграммы Power View?

В главах 43—45 было показано, как отфильтровать таблицы данных, модель данных и модели PowerPivot с помощью срезов. В Power View для фильтрации данных предназначены следующие средства:

- ◆ фильтры;
- ◆ срезы;
- ◆ фильтрация по диаграмме;
- ◆ фрагменты.

Если навести курсор на диаграмму или таблицу, то в правом верхнем углу появится значок **Показать фильтры** (воронка) и значок **Увеличить** (Pop-Out) или **Умень-**



Рис. 46.8. Две диаграммы для данных о продажах чая

шить (Pop-In). После щелчка на значке **Увеличить** (Pop-Out) диаграмма или таблица расширяется, заполняя холст. Щелчок на значке **Уменьшить** (Pop-In) возвращает диаграмме или таблице исходный размер.

В файле Teasales1.xlsx на листе Power View 2 наведите курсор на диаграмму и щелкните по значку **Показать фильтры** (Filter) — рис. 46.9. На появившейся справа панели **Фильтры** (рис. 46.10) отфильтруйте диаграмму для отображения данных только до 2012 г.

### Продажи чая

Год	Количество
2008	88714
2009	89254
2010	85339
2011	77059
2012	96854
2013	90668
2014	82893
2015	85233
<b>Всего</b>	<b>696014</b>

Показать фильтры

Рис. 46.9. Значки **Показать фильтры** и **Увеличить** в правом верхнем углу таблицы

Удивительной особенностью Power View является возможность фильтрации с помощью одной диаграммы всех диаграмм на листе Power View. В файле Teasalesfilterbycharts.xlsx на листе Power View 1 на диаграмме **Количество на Год** выбо-

рите 2008, 2010 и 2012 гг. (с помощью клавиши <Shift>). Как показано на рис. 46.11, диаграмма Количество на Год и Продукт также отображает только данные о продажах для 2008, 2010 и 2012 гг. Для восстановления неотфильтрованных диаграмм выберите 2015 г. в диаграмме Количество на Год.

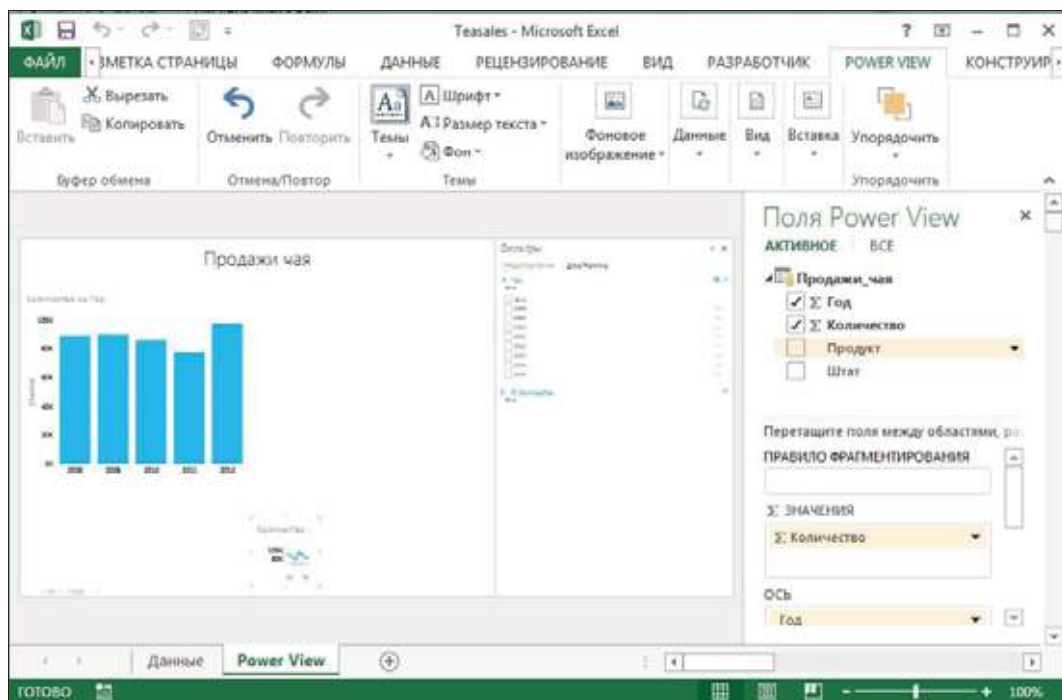


Рис. 46.10. Продажи, отфильтрованные до 2012 г.

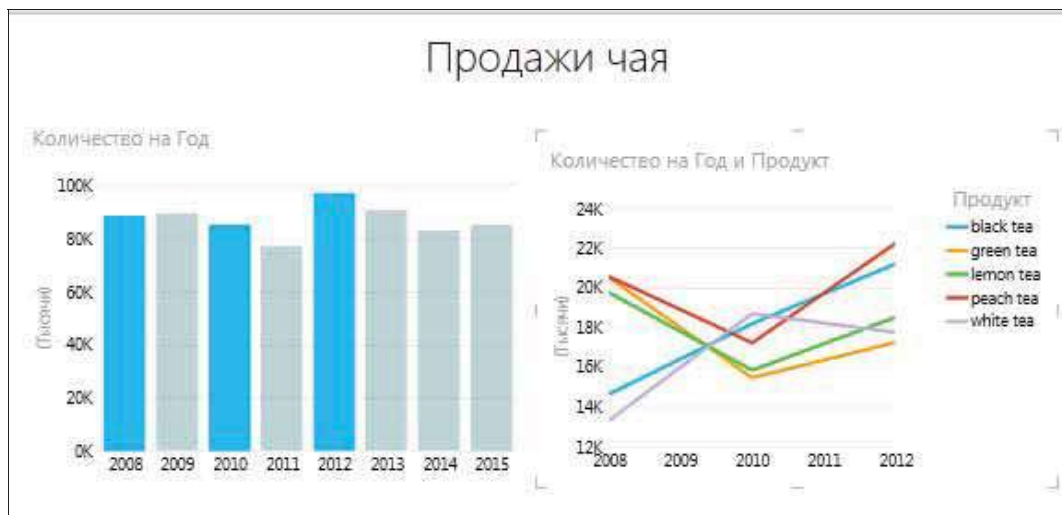


Рис. 46.11. Выбор 2008, 2010 и 2012 гг. в диаграмме Количество на Год фильтрует другие диаграммы



Диаграммы Power View можно также фильтровать с помощью срезов. Срез создается путем определения таблицы с одним столбцом и последующего преобразования ее в срез. Срез допускает интерактивную фильтрацию на холсте отчета и является визуальным представлением используемых в отчете фильтров. В файле Teasaleslicer.xlsx на листе PowerView 1 (рис. 46.12) срез применен для фильтрации ежегодных продаж по продуктам Black Tea и Peach Tea. Сначала выделите пустую область и создайте новую таблицу, состоящую из поля **Продукт**. Появится список продуктов. На вкладке **КОНСТРУИРОВАНИЕ (DESIGN)** выберите **Срез (Slicer)**. Для осуществления множественного выбора удерживайте клавишу <Ctrl> при выборе Black Tea и Peach Tea. Как показано на рис. 46.12, на диаграмме отображаются только данные продаж черного и персикового чаев, указанных в срезе. Для очистки фильтра наведите курсор на срез и щелкните по значку **Очистить фильтр (Eraser)** в правом верхнем углу.



Рис. 46.12. Срез данных о продажах только черного и персикового чаев

Наконец, для фильтрации только по одному элементу поля можно использовать фрагменты. В файле Teasalestyles.xlsx на листе Power View 1 создайте мозаику, позволяющую сосредоточиться на каждом штате. Сначала создайте таблицу, содержащую данные о годах, штатах и проданных единицах продукции. Затем создайте линейную диаграмму продаж в каждом штате за каждый год. Эта диаграмма слишком перегружена, поэтому добавьте правило фрагментирования по штатам, щелкнув по стрелке справа от поля **Штат** на панели **Поля Power View (Power View Fields)** и выбрав **Добавить как правило фрагментирования (Add As Tile By)**. Диаграмма, отфильтрованная по фрагменту Калифорния, представлена на рис. 46.13.

Любая диаграмма, находящаяся между голубыми линиями (верхней и нижней горизонтальными), фильтруется по фрагментам. Если в эту область добавить еще какую-либо визуальную форму, то она тоже будет отфильтрована по выбранному фрагменту.



Рис. 46.13. Фрагмент для отображения ежегодных продаж в Калифорнии

Штат	Количество
AK	5924
AL	6273
AR	4197
AZ	7438
CA	5608
CO	4791
CT	6668
DE	6052
FL	3851
GA	7223
HI	8270
IA	2944
ID	5578
IL	8046
IN	6353
KS	8916
KY	5532
LA	4617
MA	3176
MD	3819
ME	2474
MI	6036
MN	4907
MO	6344
MS	5522

Рис. 46.14. Продажи по штатам для отображения на карте

## Как отобразить данные продаж по штатам или странам?

Для данных в файле Teasalesmap.xlsx требуется наглядно представить общий объем продаж по штатам на карте США. Сначала создайте таблицу с полями Штат и Количество (рис. 46.14).

На вкладке **КОНСТРУИРОВАНИЕ** (DESIGN) преобразуйте таблицу в карту. В Power View для составления карт используется Bing Maps и геокодирование данных, и для этого требуется подключение к Интернету. При первом обращении появится сообщение о необходимости разрешения подключения для геокодирования данных. После того как доступ будет разрешен, появятся итоги продаж (рис. 46.15). Объем продаж для каждого штата представлен на карте кружком соответствующего размера. Для просмотра статистики по штату наведите курсор на кружок.

## Как преобразовать точечную диаграмму для временных рядов в анимацию?

В 2006 г. немецкий статистик Ханс Рослинг (Hans Rosling) выступил с лекцией на конференции TED (см. <http://www.bing.com/videos/search?q=Ted+talk+animated+movie+data&mid=B8B186BF6A38B76D6F39B8B186BF6A38B76D6F39&view=detail&FORM=VIRE2>), в которой показал великолепную графику для процесса мирового экономического развития. Теперь аналогичные анимированные визуализации

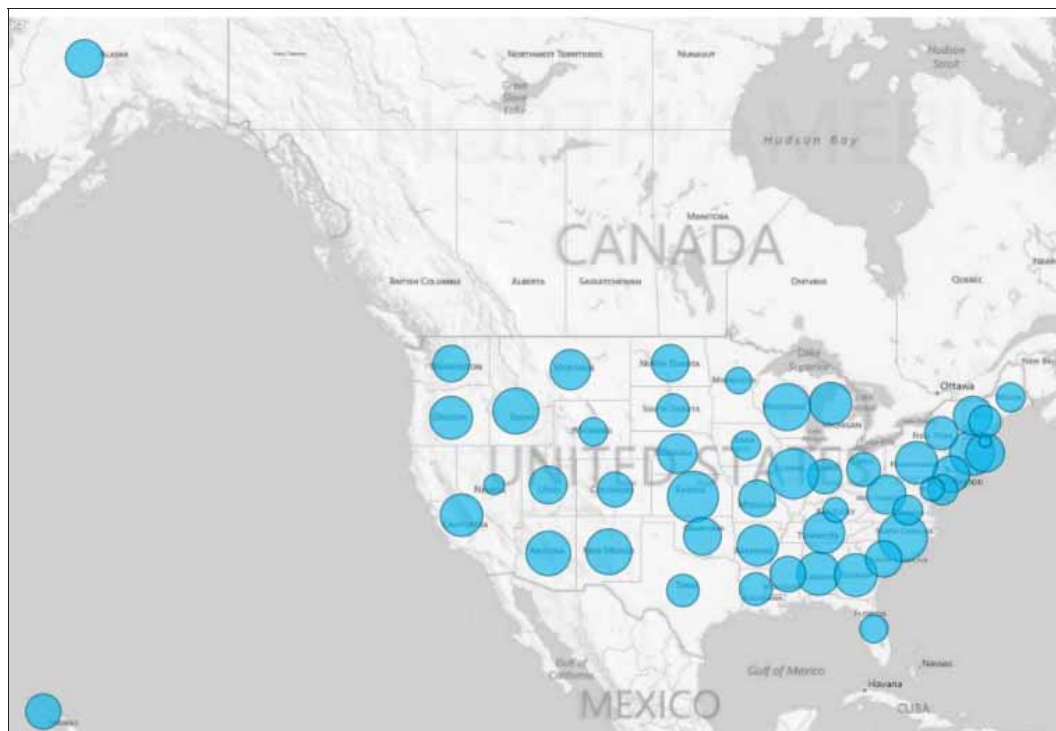


Рис. 46.15. Объемы продаж по штатам

для отображения изменения трех количественных переменных можно создать с помощью Power View.

Рассмотрим для примера в файле Crimedata.xlsx данные о преступлениях в США в период между 1960 и 2009 гг. Файл содержит статистику по тяжким преступлениям, имущественным преступлениям и убийствам для каждого года из указанного периода. Требуется создать анимированную визуализацию изменения этих величин во времени. Сначала преобразуйте данные в таблицу и в группе **Другая диаграмма** (Other Chart) выберите **Точечная диаграмма** (Scatter). Заполните области полями, как показано на рис. 46.16.

- ◆ Перетащите поле **Тяжкие** в область **ЗНАЧЕНИЕ X (X VALUE)** для представления тяжких преступлений значениями по оси *x*.
- ◆ Перетащите поле **Имущественные** в область **ЗНАЧЕНИЕ Y (Y VALUE)** для представления имущественных преступлений значениями по оси *y*.
- ◆ Перетащите поле **Убийства** в область **РАЗМЕР (SIZE)** для представления убийств кружками определенного размера.
- ◆ Перетащите поле **Год** в область **ПОДРОБНОСТИ (DETAILS)** для отображения каждого года одной точкой.
- ◆ Необязательную область **ЦВЕТ (COLOR)** оставьте незаполненной. Если эта область заполнена, то каждая точка распределяется по категориям согласно цвету.

- ◆ Ключевым является перетаскивание поля **Год** в область **ОСЬ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ** (PLAY AXIS). В результате добавляется кнопка воспроизведения (Play) и ось **Год** в нижней части диаграммы. Нажмите кнопку воспроизведения для просмотра анимации во времени. На оси **Год** можно задать начало анимации с любого года.

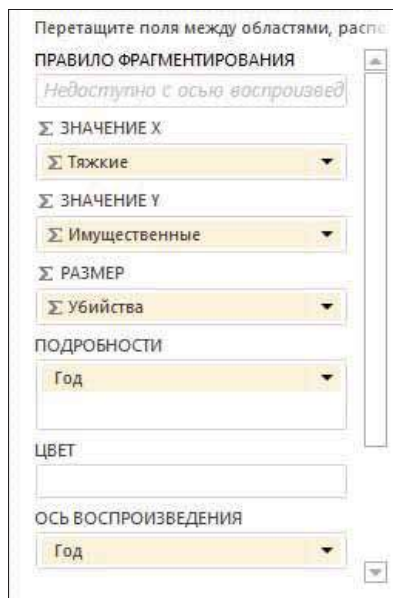


Рис. 46.16. Настройки для создания анимации

На рис. 46.17 представлен окончательный вид диаграммы. Предупреждение: такие диаграммы вызывают привыкание!

Как показывает воспроизведение анимации, представленной на рис. 46.17, количество преступлений некоторое время увеличивалось, а затем (к счастью) стало снижаться. В обществе развернулась дискуссия о том, что явилось первопричиной такого снижения, усовершенствование политической стратегии или просто демография. (Большую часть преступлений совершают молодые мужчины, и количество молодых мужчин в итоге сокращается.)

### Как с помощью множителей быстро создать несколько диаграмм?

Предположим, что требуется просуммировать ежегодные продажи каждого продукта в отдельной диаграмме. С помощью множителей Power View это можно сделать быстро и легко. (См. лист *Power View 1* в файле *Teasalesmultiples.xlsx*.) Начнем с продаж, показанных на рис. 46.7, и просто перетащим поле **Продукт** в область **Вертикальные множители** (Vertical Multiples) или **Горизонтальные множители** (Horizontal Multiples). Здесь были выбраны **Вертикальные множители** и для каждого продукта получена соответствующая диаграмма. Внешний вид этих диаграмм можно изменить на вкладке **Макет** (Layout).

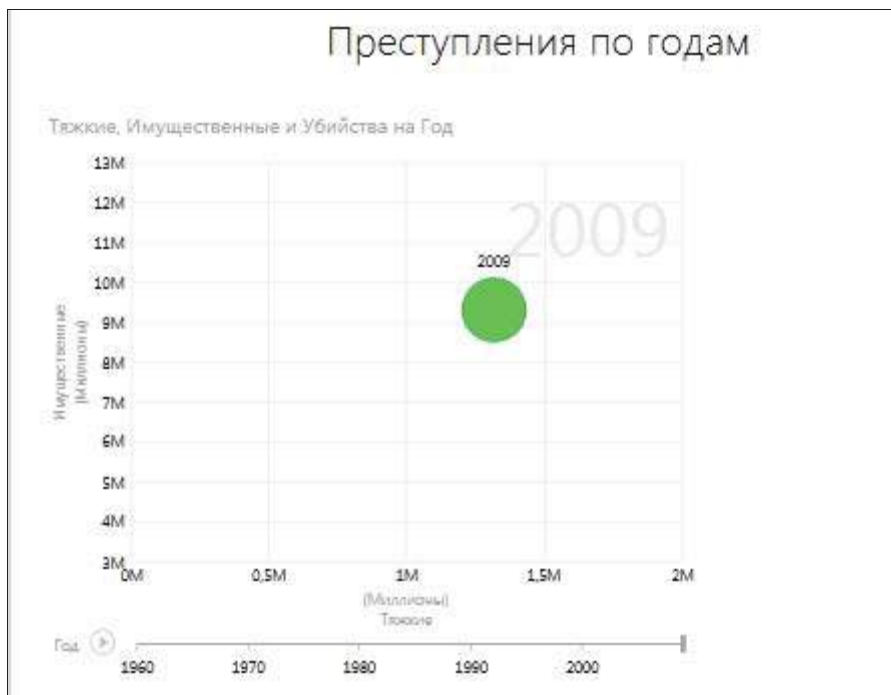


Рис. 46.17. Анимация для данных о преступлениях



Рис. 46.18. Диаграммы для продуктов, созданные с помощью множителей

## Задания

---

В файле Cellphonedata.xlsx содержатся данные о численности населения и количестве мобильных телефонов для 20 стран с наибольшим количеством мобильных телефонов. На основе этих данных выполните задания 1—5.

1. Создайте гистограмму, суммирующую количество телефонов по странам.
2. Создайте точечную диаграмму, отображающую соотношение количества телефонов к численности населения.
3. Настройте срез для фильтрации гистограммы с группировкой для количества мобильных телефонов по странам.
4. Создайте правило фрагментирования для фильтрации гистограммы, суммирующей количество телефонов по странам.
5. Отобразите данные о численности населения на карте.
6. В файле Returns.xlsx находятся данные о годовой доходности американских акций, казначейских векселей и облигаций за 1928—2012 гг. Создайте анимацию, отображающую эволюцию доходности инвестиций во времени.



# Спарклайны

### Обсуждаемые вопросы

- ◆ Как графически отобразить ежедневные расчеты с клиентами для каждого филиала банка в одной ячейке?
- ◆ Как изменить спарклайны?
- ◆ Как отобразить последовательность побед и поражений команд НФЛ в одной ячейке?
- ◆ Обновляются ли спарклайны автоматически при включении новых данных?

Спарклайны представляют собой графики, позволяющие отобразить строку или столбец данных в одной ячейке. Термин "спарклайн" впервые был использован Эдвардом Тафти (Edward Tufte), известным специалистом в области представления и анализа данных. Он описал спарклайны как "насыщенные данными графики с простым дизайном и размером в слово". В Microsoft Excel 2013 можно быстро создать графики, хранящиеся в одной ячейке.

### Ответы на вопросы

---

В этом разделе приведены ответы на вопросы, перечисленные в начале главы.

#### Как графически отобразить ежедневные расчеты с клиентами для каждого филиала банка в одной ячейке?

Файл Sparklines.xlsx содержит данные о ежедневных расчетах с клиентами в нескольких филиалах государственного банка Нью-Йорка (рис. 47.1).

Пусть необходимо просуммировать еженедельные расчеты с клиентами путем построения графика ежедневных расчетов для каждого филиала в одной ячейке. Выделите диапазон для размещения спарклайнов (ячейки I8:I14) и затем на вкладке **ВСТАВКА** (INSERT) в группе **Спарклайны** (Sparklines) выберите **График** (Line), как показано на рис. 47.2.

Укажите в диалоговом окне **Создание спарклайнов** (Create Sparklines) данные, на которых должны быть основаны спарклайны (диапазон D8:H14) — рис. 47.3.

Появится линейный график (рис. 47.4), отображающий график клиентов для каждого филиала. Результаты находятся в файле Sparklines.xlsx на листе Line Sparkline.



	C	D	E	F	G	H
6						
7		Понедельник	Вторник	Среда	Четверг	Пятница
8	Нью-Йорк	1176	768	808	864	1235
9	Рочестер	475	323	333	356	515
10	Утика	360	250	228	275	378
11	Сиракузы	594	412	408	459	618
12	Буффало	698	475	504	551	803
13	Оссининг	306	208	204	234	322
14	Итака	437	288	294	299	450

Рис. 47.1. Данные для спарклайнов

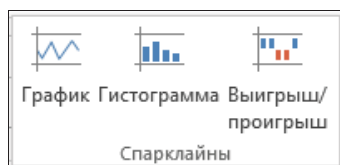


Рис. 47.2. Выбор спарклайнов

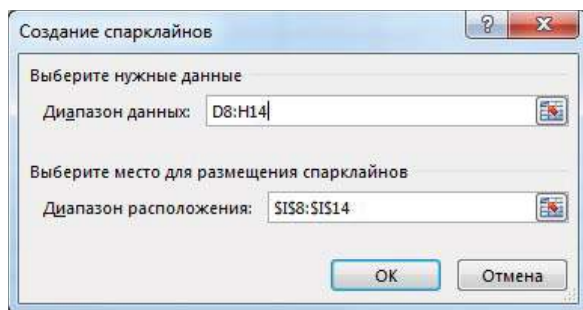


Рис. 47.3. Диалоговое окно Создание спарклайнов

	C	D	E	F	G	H	I
6							
7		Понедельник	Вторник	Среда	Четверг	Пятница	Итог
8	Нью-Йорк	1176	768	808	864	1235	
9	Рочестер	475	323	333	356	515	
10	Утика	360	250	228	275	378	
11	Сиракузы	594	412	408	459	618	
12	Буффало	698	475	504	551	803	
13	Оссининг	306	208	204	234	322	
14	Итака	437	288	294	299	450	

Рис. 47.4. Линейные спарклайны для отображения трафика филиалов

Как видно из рисунка, в каждом филиале понедельник и пятница являются самыми напряженными днями.

### Как изменить спарклайны?

После щелчка по любой ячейке, содержащей спарклайн, появляется вкладка **КОНСТРУКТОР (DESIGN)** для спарклайнов. На этой вкладке в спарклайны можно внести множество изменений. Например, как показано на рис. 47.5, можно отметить максимальную и минимальную точки.

Результатирующие спарклайны представлены на рис. 47.6. См. лист *High Low* в файле *Sparklines.xlsx*.

<input checked="" type="checkbox"/> Максимальная точка	<input type="checkbox"/> Первая точка
<input checked="" type="checkbox"/> Минимальная точка	<input type="checkbox"/> Последняя точка
<input type="checkbox"/> Отрицательные точки	<input type="checkbox"/> Маркеры
Показать	

Рис. 47.5. Выбор максимальной и минимальной точек для отметки на спарклайнах

	C	D	E	F	G	H	I
6							
7		Понедельник	Вторник	Среда	Четверг	Пятница	Итог
8	Нью-Йорк	1176	768	808	864	1235	
9	Рочестер	475	323	333	356	515	
10	Утика	360	250	228	275	378	
11	Сиракузы	594	412	408	459	618	
12	Буффало	698	475	504	551	803	
13	Оссининг	306	208	204	234	322	
14	Итака	437	288	294	299	450	

Рис. 47.6. На спарклайнах отмечены максимальные и минимальные точки

Эти спарклайны показывают, что самым напряженным днем для каждого филиала является пятница, а самыми незагруженными днями — вторник и среда.

На вкладке **КОНСТРУКТОР** (DESIGN) со спарклайнами можно выполнить следующие действия.

- ◆ Изменить тип спарклайна (график, гистограмма, выигрыш/проигрыш). Спарклайн-гистограмма и спарклайн выигрыша/проигрыша рассматриваются далее в этой главе.
- ◆ Выбрать **Изменить данные** (Edit Data) для изменения данных, используемых при создании спарклайнов. Кроме того, можно изменить настройки по умолчанию так, что в спарклайны будут включены скрытые данные.
- ◆ Выбрать любую комбинацию из максимальной, минимальной, отрицательной, первой и последней точек.
- ◆ Изменить стиль или цвет спарклайнов и маркеров.
- ◆ Выбрать **Ось** (Axis) для изменения осей каждого спарклайна. Например, можно указать одинаковый масштаб оси  $x$  или  $y$  для каждого спарклайна. По умолчанию масштаб для каждой оси рассчитывается на основе данных каждого спарклайна. Такое масштабирование показано на рис. 47.4. **Пользовательское значение** (Custom) позволяет выбрать верхний и нижний пределы для каждой оси.
- ◆ Если точки данных соответствуют хаотично расположенным точкам на оси дат, в группе **Ось** (Axis) можно выбрать **Тип оси дат** (Data Axis), и, таким образом, точки на графике будут находиться друг от друга на расстоянии, пропорциональном разнице во времени. Как показано на рис. 47.7, продажи в компании происходят нерегулярно. (См. лист `Date Axis` в файле `Sparklines.xlsx`.) В ячейке `F12` график построен так, будто между датами продаж имеются равные промежутки времени. В группе **Ось** (Axis) выберите **Тип оси дат** (Data Axis) и укажи-

те диапазон C10:C13 со значениями дат. Спарклайн в ячейке F10 отображает фактические промежутки времени.

	C	D	E	F	G
9	Дата	Продажи			
10	01.01.2010	1000			С осью дат
11	01.06.2010	1200			
12	01.09.2012	1400			Без оси дат
13	01.01.2015	1900			

Рис. 47.7. Спарклайны с осью дат

Спарклайн-график можно преобразовать в спарклайн-гистограмму. Для этого щелкните по любому спарклайну и на вкладке **КОНСТРУКТОР** (DESIGN) в группе **Тип** (Sparklines) выберите **Гистограмма** (Column). См. рис. 47.8 и лист Column Sparkline в файле Sparklines.xlsx.

	C	D	E	F	G	H	I
6							
7		Понедельник	Вторник	Среда	Четверг	Пятница	Итого
8	Нью-Йорк	1176	768	808	864	1235	
9	Рочестер	475	323	333	356	515	
10	Утика	360	250	228	275	378	
11	Сиракузы	594	412	408	459	618	
12	Буффало	698	475	504	551	803	
13	Оссининг	306	208	204	234	322	
14	Итака	437	288	294	299	450	

Рис. 47.8. Спарклайн-гистограмма

### Как отобразить последовательность побед и поражений команд НФЛ в одной ячейке?

Файл Nflwinslosses.xlsx содержит результаты игр команд НФЛ в регулярном сезоне 2009 г. Часть этих данных приведена на рис. 47.9. (См. лист Win Loss.)

1 (единица) обозначает победу, а -1 — поражение. Каждый спарклайн выигрыша/проигрыша отображает любое положительное число как столбик вверх, а любое отрицательное число как столбик вниз. 0 обозначается на графике как разрыв. Для создания спарклайнов выигрыша/проигрыша выделите диапазон, в котором должны быть размещены спарклайны (ячейки C8:C39), и на вкладке **ВСТАВКА** (INSERT) в группе **Спарклайны** (Sparklines) выберите **Выигрыш/проигрыш** (Win/Loss). Укажите диапазон данных E8:T39. Спарклайны очень оживляют сезон 2009 г. в НФЛ. Как видно из рисунка, команды Indianapolis Colts и New Orleans Saints начали сезон великолепно. Команда Tennessee Titans стартовала неудачно, а затем стала играть намного лучше. Команда New York Giants стартовала хорошо, а затем у нее наступила черная полоса. Спарклайны выигрыша/проигрыша прекрасно подходят для отслеживания продвижения организации в сторону достижения целей или квот (см. задание 4 в конце этой главы).

	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
6			Игра															
7		Команда	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
8		Arizona Cardinals	-1	1	-1	1	1	1	-1	1	1	1	-1	1	-1	1	1	-1
18		Detroit Lions	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
19		Green Bay Packers	1	-1	1	-1	1	1	-1	1	1	1	1	1	1	-1	1	1
20		Houston Texans	-1	1	-1	1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1
21		Indianapolis Colts	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-1
22		Jacksonville Jaguars	-1	-1	1	1	-1	1	-1	1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1
23		Kansas City Chiefs	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1
24		Miami Dolphins	-1	-1	-1	1	1	-1	1	-1	1	1	-1	1	1	-1	-1	-1
25		Minnesota Vikings	1	1	1	1	1	1	-1	1	1	1	1	-1	1	-1	-1	1
26		New England Patriots	1	-1	1	1	-1	1	1	1	-1	1	-1	-1	1	1	1	1
27		New Orleans Saints	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-1	-1
28		New York Giants	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1
29		New York Jets	1	1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	1	1	-1	1
30		Oakland Raiders	-1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	-1
31		Philadelphia Eagles	1	-1	1	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	-1
32		Pittsburgh Steelers	1	-1	-1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1
33		San Diego Chargers	1	-1	1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
34		San Francisco 49ers	1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	1
35		Seattle Seahawks	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1
36		St. Louis Rams	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
37		Tampa Bay Buccaneers	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1
38		Tennessee Titans	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	-1	1	1	-1	1
39		Washington Redskins	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1

Рис. 47.9. Спарклайны для побед и поражений команд НФЛ

## Обновляются ли спарклайны автоматически при включении новых данных?

Если при включении новых данных спарклайны должны обновляться автоматически, преобразуйте данные в таблицу (см. главу 25) или в динамический диапазон (см. главу 21).

## Задания

1. На основе данных о филиалах банка создайте спарклайны-графики с одним и тем же масштабом для каждого филиала.
2. В файле Dow.xlsx содержатся значения индекса Доу–Джонса со 2 января по 10 августа 2010 г. Создайте спарклайн-график, отображающий взлеты и падения рынка.
3. Зафиксируйте взлеты и падения рынка с помощью спарклайнов выигрыша/проигрыша. Как и в предыдущем случае, данные находятся в файле Dow.xlsx.
4. В файле Goals.xlsx для каждого месяца содержатся процентные отношения, касающиеся достижения целей филиалами банка. Обработайте эти данные с помощью спарклайнов выигрыша/проигрыша.



# Обработка данных с помощью статистических функций для баз данных

### Обсуждаемые вопросы

- ◆ Joolas, небольшая компания по продаже косметики, хранит данные о каждой сделке на листе Microsoft Excel 2013. При этом ей часто требуется узнать ответы на следующие вопросы:
  - На какую сумму продала блеска для губ Джен?
  - Каково среднее количество проданной помады для каждой сделки Джен в восточном регионе?
  - На какую общую сумму было продано косметики или торговым представителем Эмили или в восточном регионе?
  - На какую сумму продали помады Коллин и Зарет в восточном регионе?
  - Сколько сделок с помадой было совершено не в восточном регионе?
  - На какую сумму продала помады Джен в 2004 г.?
  - Сколько единиц косметики было продано по цене не менее 3,20 долларов?
  - Какова общая сумма выручки для каждого косметического продукта, проданного каждым торговым представителем?
- ◆ Какие приемы применяются при создании диапазонов условий?
- ◆ У меня есть база данных, в которой для каждой сделки хранится следующая информация: выручка, дата продажи и идентификационный код продукта. Как быстро извлечь сумму выручки для сделки по заданной дате продажи и идентификационному коду?

Как было сказано в *главе 43*, сводные таблицы Excel являются отличным инструментом для обобщения данных. Однако часто сводные таблицы предоставляют гораздо больше информации, чем необходимо. Ответы на любые вопросы отчетности без необходимости создания сводной таблицы дают специальные статистические функции для баз данных.

Здесь уже были описаны такие функции, как СУММ (SUM), СРЗНАЧ (AVERAGE), СЧЁТ (COUNT), МАКС (MAX) и МИН (MIN). Префикс ВД/Б/Д (D) (расшифровывающийся как "для баз данных") в именах этих и других функций обозначает статистические функции для баз данных. Но что делает функция ВДСУММ (DSUM) такого, чего, например, не может сде-

ать функция СУММ? Функция СУММ суммирует значения всех ячеек в диапазоне, а функция БДСУММ позволяет указать (с помощью условий) подмножество строк, суммируемых в диапазоне ячеек. Предположим, что в компании по продаже косметики имеется база данных, содержащая следующую информацию о каждой сделке:

- ◆ имя торгового представителя;
- ◆ дата сделки;
- ◆ проданный продукт;
- ◆ количество проданных единиц продукции;
- ◆ сумма выручки в долларах для каждой сделки;
- ◆ регион, в котором произошла сделка.

Эти данные находятся в файле Makeupdb.xlsx, часть их показана на рис. 48.1.

	F	G	H	I	J	K	L	M
3								
4		Номер сделки	Имя	Дата	Продукт	Количество	Сумма	Регион
5		1	Betsy	01.04.2004	lip gloss	45	\$137,20	south
6		2	Hallagan	10.03.2004	foundatic	50	\$152,01	midwest
7		3	Ashley	25.02.2005	lipstick	9	\$ 28,72	midwest
8		4	Hallagan	22.05.2006	lip gloss	55	\$167,08	west
9		5	Zaret	17.06.2004	lip gloss	43	\$130,60	midwest
10		6	Colleen	27.11.2005	eye liner	58	\$175,99	midwest
11		7	Cristina	21.03.2004	eye liner	8	\$ 25,80	midwest
12		8	Colleen	17.12.2006	lip gloss	72	\$217,84	midwest
13		9	Ashley	05.07.2006	eye liner	75	\$226,64	south
14		10	Betsy	07.08.2006	lip gloss	24	\$ 73,50	east
15		11	Ashley	29.11.2004	mascara	43	\$130,84	east
16		12	Ashley	18.11.2004	lip gloss	23	\$ 71,03	west
17		13	Emilee	31.08.2005	lip gloss	49	\$149,59	west
18		14	Hallagan	01.01.2005	eye liner	18	\$ 56,47	south
19		15	Zaret	20.09.2006	foundatic	-8	\$(21,99)	east
20		16	Emilee	12.04.2004	mascara	45	\$137,39	east
21		17	Colleen	30.04.2006	mascara	66	\$199,65	south
22		18	Jen	31.08.2005	lip gloss	88	\$265,19	midwest
23		19	Jen	27.10.2004	eye liner	78	\$236,15	south
24		20	Zaret	27.11.2005	lip gloss	57	\$173,12	midwest
25		21	Zaret	02.06.2006	mascara	12	\$ 38,08	west
26		22	Betsy	24.09.2004	eye liner	28	\$ 86,51	midwest
27		23	Colleen	01.02.2006	mascara	25	\$ 77,31	midwest

Рис. 48.1. Данные для работы со статистическими функциями для баз данных

С помощью функции БДСУММ и соответствующих условий можно, например, подсчитать выручку, полученную только от продажи блеска для губ в восточном регионе в 2004 г. В соответствии с установленными условиями будут помечены строки, которые требуется включить в расчет общей суммы. Для этих строк функция БДСУММ работает как обычная функция СУММ.

Синтаксис функции: БДСУММ(база\_данных; поле; условия), где:

- ◆ база\_данных — диапазон ячеек, составляющих базу данных. Первая строка содержит заголовки столбцов;

- ◆ поле — столбец, содержащий значения, которые требуется суммировать. Его можно определить, заключив заголовок столбца в кавычки. (Например, для столбца, содержащего сумму в долларах, можно указать "Сумма".) Также поле можно определить, указав положение столбца в базе данных, при отсчете слева направо. Например, база данных сделок с косметикой занимает столбцы с *n* по *m*. (Столбец Номер сделки не является частью базы данных.) Столбец *n* можно указать как поле 1, а столбец *m* как поле 6;
- ◆ условия — ссылка на диапазон ячеек, определяющий строки, которыми будет оперировать функция. Первая строка диапазона условий должна включать один или несколько заголовков столбцов. (Единственным исключением из этого правила являются вычисляемые условия, которые обсуждаются в двух последних примерах этой главы.) Как видно из примера, при создании диапазона условий важно уяснить, что несколько условий в одной и той же строке объединяются с помощью функции И (AND), а условия в разных строках — с помощью функции ИЛИ (OR).

Теперь рассмотрим несколько примеров (см. рис. 48.2), иллюстрирующих мощь и универсальность статистических функций для баз данных.

## Ответы на вопросы

В этом разделе приведены ответы на вопросы, перечисленные в начале главы.

### На какую сумму продала блеска для губ Джен?

Здесь необходимо применить функцию БДСУММ к пятому столбцу базы данных. Столбец 5 содержит сумму выручки в долларах для каждой сделки. (База данных Data состоит из диапазона H4:M1895.) Диапазон условий в O4:P5 охватывает все строки в базе данных, в которых Имя эквивалентно Jen, а Продукт эквивалентен lip gloss (блеск для губ). Таким образом, формула =БДСУММ(data;5;O4:P5), введенная в ячейку N5 (рис. 48.2), вычисляет общую сумму в долларах, полученную Джен (Jen) за продажу блеска для губ. С тем же результатом можно было бы ввести формулу =БДСУММ(data;"Сумма";O4:P5). Джен продала блеска для губ на сумму 5461,61 долларов. В ячейке N6 тот же самый ответ получен при помощи функции СУММЕСЛИМН (SUMIFS), описанной в главе 20, по формуле =СУММЕСЛИМН(Сумма;Имя;"Jen";Продукт;"lip gloss").

### Каково среднее количество проданной помады для каждой сделки Джен в восточном регионе?

Эта величина вычисляется с помощью функции ДСРЗНАЧ (DAVERAGE) по формуле =ДСРЗНАЧ(data;4;O7:Q8), введенной в ячейку N8. Значение 4 для аргумента поле определяет столбец Количество, а диапазон условий O7:Q8 помечает все строки в базе данных, в которых Имя эквивалентно Jen, Продукт эквивалентен lipstick, а Регион эквивалентен East. Функция ДСРЗНАЧ возвращает среднее количество проданных единиц продукции для помеченных строк. Как видно из рисунка, в среднем Джен продала



	N	O	P	Q	R
3					
4	Джен, помада, \$	Имя	Продукт		
5	\$	5 461,61	Jen	lip gloss	
6		5461,61479			
7	Джен, среднее кол-во помады, на востоке	Имя	Продукт	Регион	
8		42,25	Jen	lipstick	east
9		42,25			
10	\$, Эмили или восток	Имя	Регион		
11	\$	76 156,48	Emilee		
12			east		
13	\$, помада, Коллин или Зарет, на востоке	Имя	Регион	Продукт	
14	\$	1 073,20	Colleen	east	lipstick
15		1073,203709	Zaret	east	lipstick
16	Кол-во сделок с помадой не на востоке	Продукт	Регион		
17		164	lipstick	<east	164
18	Общая сумма в \$, Джен, помада, в 2004	Имя	Продукт	Дата	Дата
19	\$	1 690,79	Jen	lipstick	>=1/1/2004
20		1690,793115			<1/1/2005
21	Кол-во проданного за >=\$3,20		Высокая цена		
22		1127	ЛОЖЬ		

Рис. 48.2. Примеры использования статистических функций для баз данных

42,25 шт. помады в каждой сделке в восточном регионе. В ячейке N9 тот же самый результат вычисляется по формуле =СРЗНАЧЕСЛИМН(Количество; Имя; "Jen"; Продукт; "lipstick"; Регион; "east").

### На какую общую сумму было продано косметики или торговым представителем Эмили или в восточном регионе?

В ячейке N11 вычисляется общая сумма (76 156,48 долларов) для сделок Эмили и сделок в восточном регионе по формуле =БДСУММ(data;5;O10:P12). Условия в диапазоне O10:P12 помечают сделки в восточном регионе или сделки Эмили, поскольку условия в разных строках обрабатываются с помощью операции ИЛИ. Великие программисты из Microsoft добились того, что сделки Эмили в восточном регионе не учитываются в этой формуле дважды. Здесь быстро получить ответ с помощью функции СУММЕСЛИМН невозможно.

### На какую сумму продали помады Коллин и Зарет в восточном регионе?

В ячейке N14 по формуле =БДСУММ(data;5;O13:Q15) вычисляется общая выручка (1073,20 долларов) от сделок с помадой, заключенных Коллин и Зарет в восточном регионе. Обратите внимание, что в диапазоне O14:Q14 указаны условия отбора сделок Коллин с помадой в восточном регионе, а в диапазоне O15:Q15 указаны те же условия отбора для сделок Зарет. Напомним, что условия в разных строках объединяются оператором ИЛИ. В ячейке N15 ответ на тот же вопрос получен по следующей формуле:

=СУММЕСЛИМН(Сумма;Имя;"Colleen";Продукт;"lipstick";Регион;"east")  
 +СУММЕСЛИМН(Сумма;Имя;"Zaret";Продукт;"lipstick";Регион;"east")

### Сколько сделок с помадой было совершено не в восточном регионе?

В ячейке N17 вычисляется общее число сделок с помадой (164) за пределами восточного региона с помощью функции ВСЧЁТ (DCOUNT) по формуле =ВСЧЁТ(data;4;O16:P17). Поскольку в этом примере требуется указать условия, по которым функция подсчитывает число строк, включающих сделки по продаже помады и регионы, кроме восточного, здесь применена функция ВСЧЁТ. В Excel выражение <>East обрабатывается как "не East". Функцию СУММЕСЛИМН в этом примере пришлось бы применять к каждому региону.

Так как функция СЧЁТ обрабатывает числа, ссылка должна указывать на столбец, содержащий числовые значения. Поскольку столбец 4, Количество, содержит числа, он указан в формуле. Формула =ВСЧЁТ(data;3;O16:P17) возвратила бы 0, потому что в третьем столбце базы данных (столбец J на листе) числа отсутствуют. Безусловно, формула =ВСЧЁТА(data;3;O16:P17) возвратила бы правильный результат, поскольку функция ВСЧЁТА обрабатывает не только числа, но и текст.

### На какую сумму продала помады Джен в 2004 г.?

Здесь необходимо знать, как пометить только те сделки, которые имели место в 2004 г. Сделки за 2004 г. можно собрать, если включить в строку диапазона условий ссылку на поле Дата и выражения >=1/1/2004 и <1/1/2005. Таким образом, по формуле =ВДСУММ(data;5;O18:R19) в ячейке N19 можно вычислить общую сумму выручки в долларах от сделок Джен с помадой (1690,79 долларов) с 1 января 2004 г. и до 1 января 2005 г. В ячейке N20 ответ получен при вычислении формулы

=СУММЕСЛИМН(Сумма; Дата; ">=1/1/2004"; Дата; "<1/1/2005"; Продукт; "lipstick"; Имя; "Jen")

### Сколько единиц косметики было продано по цене не менее 3,20 доллара?

В этом примере задействованы вычисляемые условия. Как правило, вычисляемые условия охватывают строки базы данных на основе истинности или ложности условия для конкретной строки. В этом примере требуется пометить каждую строку, для которой Сумма/Количество>=3,20. При определении вычисляемого условия (рис. 48.3) заголовок в первой строке над вычисляемыми условиями не должен быть заголовком столбца. Например, невозможно указать Имя, Продукт или другой заголовок из строки 4 этого листа. Вычисляемое условие представляет собой формулу, которая возвращает значение ИСТИНА на основе первой строки информации в базе данных. Таким образом, для указания строк, в которых средняя цена больше или равна 3,20 доллара, необходимо ввести =(L5/K5)>=3,2 в диапазон условий под заголовком, не являющийся заголовком столбца. Если первая строка данных не удовлетворяет этому условию, то на листе появится значение ЛОЖЬ, но все строки, в которых цена единицы продукции больше или равна 3,20 доллара, будут помечены автоматически. Введите в ячейку N22 формулу =ВДСУММ(data;4;O21:O22), вычисляющую общее количество единиц косметики (1127), проданных по цене больше или равной 3,20 доллара. Обратите внимание, что в ячейке O22 содержится формула =(L5/K5)>=3,2.

	N	O	P
21	Кол-во проданного за >=\$3,20	Высокая цена	
22		1127	ЛОЖЬ

Рис. 48.3. Вычисляемое условие

**Какова общая сумма выручки для каждого косметического продукта, проданного каждым торговым представителем?**

Для решения этой задачи необходима функция **БДСУММ** с диапазоном условий на основе столбцов **Имя** и **Продукт**. При помощи таблицы данных можно быстро перебрать все возможные комбинации имен и продуктов в диапазоне условий и вычислить общую выручку для каждой комбинации "Имя — Продукт".

Сначала введите любое имя в ячейку **X26** и любой продукт в ячейку **Y26**. Затем в ячейку **Q25** введите формулу  $=\text{БДСУММ}(\text{data};5;\text{X25};\text{Y26})$ , вычисляющую общую сумму выручки (в данном случае) для Бетси и подводки для глаз. Введите имя каждого торгового представителя в ячейки **Q26:Q33** и каждого продукта в ячейки **R25:V25**. Теперь выделите таблицу данных (**Q25:V33**). На вкладке **ДАННЫЕ (DATA)** в группе **Работа с данными (Data Tools)** выберите **Анализ "что если" (What-If Analysis)** и затем выберите **Таблица данных (Data Table)**. В поле **Подставлять значения по строкам** укажите ячейку **X26** и в поле **Подставлять значения по столбцам** в ячейку **Y26**. Появится результат, показанный на рис. 48.4. В каждом элементе таблицы данных вычисляется сумма выручки для комбинации соответствующего имени и продукта, поскольку имена из таблицы данных помещаются в ячейку **X26**, а продукты — в ячейку **Y26**. Например, Эшли продала помады на сумму 3245,45 долларов.

	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y
24									
25	6046,5343	lip gloss	foundation	lipstick	mascara	eye liner		Имя	Продукт
26	Betsy	5675,65	8043,4865	3968,61	4827,25	6046,53		Betsy	eye liner
27	Hallagan	5603,1194	6985,7343	3177,87	5703,35	6964,62			
28	Zaret	5670,3293	6451,6501	2448,71	3879,95	8166,75			
29	Colleen	5573,3237	6834,7676	2346,41	6746,53	3389,63			
30	Cristina	5297,9798	5290,9899	2401,67	5461,65	5397,27			
31	Jen	5461,6148	5628,648	3953,3	6887,17	7010,44			
32	Ashley	6053,6846	4186,0586	3245,44	6617,1	5844,95			
33	Emilee	5270,2503	5313,7876	2189,14	4719,3	7587,39			
34									
35									
36		lip gloss	foundation	lipstick	mascara	eye liner			
37	Betsy	5675,65	8043,4865	3968,61	4827,25	6046,53			
38	Hallagan	5603,1194	6985,7343	3177,87	5703,35	6964,62			
39	Zaret	5670,3293	6451,6501	2448,71	3879,95	8166,75			
40	Colleen	5573,3237	6834,7676	2346,41	6746,53	3389,63			
41	Cristina	5297,9798	5290,9899	2401,67	5461,65	5397,27			
42	Jen	5461,6148	5628,648	3953,3	6887,17	7010,44			
43	Ashley	6053,6846	4186,0586	3245,44	6617,1	5844,95			
44	Emilee	5270,2503	5313,7876	2189,14	4719,3	7587,39			

Рис. 48.4. Комбинирование таблицы данных с функцией **БДСУММ**

Этот пример показывает, как комбинирование таблиц данных со статистическими функциями для баз данных позволяет создать множество представляющих интерес статистических данных. Следует отметить, что эту задачу можно решить, скопировав формулу =СУММЕСЛИМН(Сумма; Имя; \$Q37; Продукт; R\$36) из ячейки R37 в ячейки R37:V45.

### Какие приемы применяются при создании диапазонов условий?

Далее описано несколько приемов создания диапазона условий. Предположим, что заголовок столбца в первой строке диапазона условий ссылается на столбец, содержащий текст (например, на столбец H).

- ◆ \*Allie\* — помечаются записи, содержащие текстовую строку Allie в столбце H.
- ◆ A?X — запись помечается, если значение в ячейке в столбце H начинается с A и его третьим символом является X. (Второй символ может быть любым!)
- ◆ <>\*B\* — запись помечается, если в ячейке в столбце H не содержится символа B.

Если столбец (например, столбец I) содержит числовые значения, то:

- ◆ >100 — запись помечается, если столбец I содержит значение больше 100;
- ◆ <>100 — запись помечается, если столбец I содержит значение, не равное 100;
- ◆ >=1000 — запись помечается, если значение в столбце I больше или равно 1000.

**У меня есть база данных, в которой для каждой сделки хранится следующая информация: выручка, дата продажи и идентификационный код продукта. Как быстро извлечь сумму выручки для сделки по заданной дате продажи и идентификационному коду?**

Файл Dget.xlsx (рис. 48.5) содержит базу данных с суммами выручки, датами продаж и идентификационными кодами продуктов для ряда сделок. Если известна дата сделки и идентификационный код продукта, каким образом можно найти сумму выручки? Проще всего воспользоваться функцией БИЗВЛЕЧЬ (DGET). Синтаксис функции: БИЗВЛЕЧЬ(база\_данных; поле; условия). При заданном диапазоне ячеек для базы данных и заданном значении для поля в базе данных (отсчет столбцов выполняется слева направо в пределах диапазона) функция БИЗВЛЕЧЬ возвращает содержимое заданного столбца в записи базы данных, удовлетворяющей условиям. Если ни одна запись не удовлетворяет условиям, функция БИЗВЛЕЧЬ возвращает сообщение об ошибке #ЗНАЧ!. Если условиям удовлетворяет несколько записей, функция БИЗВЛЕЧЬ возвращает сообщение об ошибке #ЧИСЛО!.

Пусть требуется узнать выручку для сделки с идентификационным кодом продукта 62426, имевшей место 9/1/2006. Предполагается, что с этим продуктом в указанный день была проведена только одна сделка. Формула =БИЗВЛЕЧЬ(В7:D28;1;G5:H6), введенная в ячейку G9, дает результат 169 долларов. Обратите внимание, что для аргумента поле было указано значение 1, поскольку столбец Выручка является первым столбцом базы данных (занимающей диапазон ячеек В7:D28). Поиск сделки с кодом продукта 62426 и датой совершения 1/9/2006 обеспечивает диапазон условий G5:H6.

	В	С	Д	Е	Ф	Г	Н
2	Пример функции БИЗВЛЕЧЬ						
3							
4							
5						Дата	Код
6						09.01.2006	62426
7	Выручка	Дата	Код			Выручка	
8	\$ 856,00	02.02.2000	89550				
9	\$ 461,00	12.04.2003	34506				
10	\$ 662,00	06.02.1999	57664				
11	\$ 522,00	25.09.2005	25449				
12	\$ 228,00	12.07.2006	26461				
13	\$ 997,00	09.06.2008	73945				
14	\$ 857,00	30.07.2006	78607				
15	\$ 454,00	05.12.1999	8605				
16	\$ 571,00	06.02.2001	33684				
17	\$ 690,00	17.05.2006	81984				
18	\$ 467,00	17.10.2008	4530				
19	\$ 281,00	06.08.2000	72489				
20	\$ 965,00	17.11.2003	66050				
21	\$ 169,00	09.01.2006	62426				
22	\$ 378,00	21.10.2001	34422				
23	\$ 273,00	28.02.2001	41064				
24	\$ 628,00	15.06.2006	29231				
25	\$ 382,00	11.12.2005	9625				
26	\$ 896,00	16.10.1999	66644				
27	\$ 260,00	08.03.2002	3346				
28	\$ 344,00	04.11.2002	38858				

Рис. 48.5. Пример использования функции БИЗВЛЕЧЬ

## Задания

- Сколько блеска для губ продала Зарет в 2004 и 2005 гг.?
- Создайте таблицу данных, содержащую общую выручку и количество проданных единиц продукции для каждого торгового представителя.
- Сколько блеска для губ продала Коллин за пределами западного региона?
- На основе данных в файле Makeupdb.xlsx создайте таблицу данных, показывающую среднюю выручку за единицу продукции для каждого торгового представителя в сделках, в которых средняя цена за единицу продукции превышала 3,30 долларов.
- На основе данных в файле Sales.xlsx определите следующее:
  - общий объем продаж на Среднем Западе;
  - общий объем продаж для Хизер в восточном регионе;
  - общий объем продаж для Хизер и для восточного региона;
  - общий объем продаж в Восточном регионе для Хизер и для Джона;
  - число сделок в восточном регионе;

- число сделок с продажами выше среднего;
  - общий объем продаж за пределами Среднего Запада.
6. Файл Housepricedata.xlsx содержит следующую информацию для выбранных домов:

- площадь в квадратных футах;
- цена;
- количество ванных комнат;
- количество спален;

На основе этой информации ответьте на следующие вопросы:

- Какова средняя цена для всех домов с общим количеством ванных комнат и спален не меньше шести?
  - Сколько домов с общим количеством спален и ванных комнат не более пяти продано более чем за 300 000 долларов?
  - Сколько домов имеют как минимум три ванных комнаты, но общее количество спален и ванных комнат в них не превышает шести?
  - Какова максимальная цена дома площадью не более 3000 квадратных футов и общим количеством спален и ванных комнат не более шести? (Подсказка: для решения задачи используйте функцию ДМАКС.)
7. Файл Deciles.xlsx содержит данные о невыплаченных остатках для 20 счетов. С помощью функций для баз данных вычислите невыплаченные остатки по счетам для каждого дециля.



# Фильтрация данных и удаление дубликатов

### Обсуждаемые вопросы

Joolas — небольшая компания, производящая косметику. Менеджеры компании хранят данные обо всех сделках на листе Microsoft Excel 2013. Иногда им необходимо извлечь или отфильтровать подмножество данных о продажах. Например, если на основе этих данных требуется ответить на следующие вопросы:

- ◆ Как определить все сделки Джен по продаже помады в восточном регионе?
- ◆ Как определить все сделки Кики и Коллин по продаже помады и туши в восточном и южном регионах?
- ◆ Как скопировать все сделки Кики и Коллин по продаже помады и туши в восточном и южном регионах на другой лист?
- ◆ Как очистить фильтры в столбце или базе данных?
- ◆ Как определить все сделки по продаже более 90 единиц продукции и более чем на 280 долларов?
- ◆ Как определить все сделки, заключенные в 2005 и 2006 гг.?
- ◆ Как определить все сделки, имевшие место в последние три месяца 2005 г. и в первые три месяца 2006 г.?
- ◆ Как определить все сделки, заключенные торговыми представителями, имена которых начинаются с буквы С?
- ◆ Как определить все сделки, для которых ячейка с названием продукта окрашена в красный цвет?
- ◆ Как определить все сделки среди 30 сделок с максимальной выручкой, в которых торговыми представителями были Халлаган или Джен?
- ◆ Как быстро получить полный список торговых представителей?
- ◆ Как просмотреть все комбинации торговый "представитель — продукт — регион", встречающиеся в базе данных?
- ◆ Если данные изменились, как повторно применить тот же самый фильтр?
- ◆ Как извлечь все сделки по продаже основы под макияж, заключенные Эмили и Джен за первые шесть месяцев 2005 г., в которых средняя цена единицы продукции составила больше 3,20 долларов?

Microsoft Excel 2013 обладает возможностями фильтрации для определения любого подмножества данных. Кроме того, Excel позволяет быстро удалить повторяющие-



ся записи с листа. Данные для работы находятся в файле Makeupfilter.xlsx. Для всех сделок в этом файле (часть сделок представлена на рис. 49.1) хранятся следующие данные:

- ◆ номер сделки;
- ◆ имя торгового представителя;
- ◆ дата сделки;
- ◆ проданный продукт;
- ◆ количество проданной продукции;
- ◆ сумма сделки в долларах;
- ◆ место сделки.

	C	D	E	F	G	H	I
3	Номер сделки	Имя	Дата	Продукт	Количество	Сумма	Регион
4	1	Betsy	01.04.2004	lip gloss	45	\$ 137,20	south
5	2	Hallagan	10.03.2004	foundation	50	\$ 152,01	midwest
6	3	Ashley	25.02.2005	lipstick	9	\$ 28,72	midwest
7	4	Hallagan	22.05.2006	lip gloss	55	\$ 167,08	west
8	5	Zaret	17.06.2004	lip gloss	43	\$ 130,60	midwest
9	6	Colleen	27.11.2005	eye liner	58	\$ 175,99	midwest
10	7	Cristina	21.03.2004	eye liner	8	\$ 25,80	midwest
11	8	Colleen	17.12.2006	lip gloss	72	\$ 217,84	midwest
12	9	Ashley	05.07.2006	eye liner	75	\$ 226,64	south
13	10	Betsy	07.08.2006	lip gloss	24	\$ 73,50	east
14	11	Ashley	29.11.2004	mascara	43	\$ 130,84	east
15	12	Ashley	18.11.2004	lip gloss	23	\$ 71,03	west
16	13	Emilee	31.08.2005	lip gloss	49	\$ 149,59	west
17	14	Hallagan	01.01.2005	eye liner	18	\$ 56,47	south
18	15	Zaret	20.09.2006	foundation	-8	\$ (21,99)	east
19	16	Emilee	12.04.2004	mascara	45	\$ 137,39	east
20	17	Colleen	30.04.2006	mascara	66	\$ 199,65	south
21	18	Jen	31.08.2005	lip gloss	88	\$ 265,19	midwest
22	19	Jen	27.10.2004	eye liner	78	\$ 236,15	south

Рис. 49.1. Данные сделок по продаже косметики

Далее любой прямоугольный диапазон ячеек с заголовками в первой строке каждого столбца называется *базой данных*. Каждый столбец (с с по 1) базы данных (диапазон ячеек C4:I1894) называется *полем*. Каждая строка базы данных, содержащая данные, называется *записью*. (Таким образом, записи базы данных хранятся в диапазоне ячеек C4:I1894.) Первая строка каждого поля должна содержать имя поля. Например, поле в столбце F имеет имя *Продукт*. Для идентификации подмножества записей можно обратиться с запросом к базе данных при помощи автофильтра Excel (AutoFilter) и и-условий. Это означает возможность использования запросов в форме "Найти все записи, в которых поле 1 удовлетворяет определенным услови-

ям, и поле 2 удовлетворяет определенным условиям, и поле 3 удовлетворяет определенным условиям". Возможности автофильтра Excel демонстрируются на примере в данной главе.

## Ответы на вопросы

В этом разделе приведены ответы на вопросы, перечисленные в начале главы.

### Как определить все сделки Джен по продаже помады в восточном регионе?

Первым делом поместите курсор в какую-либо ячейку базы данных и на вкладке **ДАННЫЕ** (DATA) ленты Excel в группе **Сортировка и фильтр** (Sort&Filter) выберите **Фильтр** (Filter). Как показано на рис. 49.2, теперь у каждого столбца базы данных в строке заголовка появилась стрелка раскрывающегося списка (см. лист Data).

	C	D	E	F	G	H	I
3	Номер сделки	Имя	Дата	Продукт	Количество	Сумма	Регион
4	1	Betsy	01.04.2004	lip gloss	45	\$ 137,20	south
5	2	Hallagan	10.03.2004	foundation	50	\$ 152,01	midwest
6	3	Ashley	25.02.2005	lipstick	9	\$ 28,72	midwest
7	4	Hallagan	22.05.2006	lip gloss	55	\$ 167,08	west
8	5	Zaret	17.06.2004	lip gloss	43	\$ 130,60	midwest
9	6	Colleen	27.11.2005	eye liner	58	\$ 175,99	midwest
10	7	Cristina	21.03.2004	eye liner	8	\$ 25,80	midwest
11	8	Colleen	17.12.2006	lip gloss	72	\$ 217,84	midwest
12	9	Ashley	05.07.2006	eye liner	75	\$ 226,64	south
13	10	Betsy	07.08.2006	lip gloss	24	\$ 73,50	east
14	11	Ashley	29.11.2004	mascara	43	\$ 130,84	east
15	12	Ashley	18.11.2004	lip gloss	23	\$ 71,03	west
16	13	Emilee	31.08.2005	lip gloss	49	\$ 149,59	west
17	14	Hallagan	01.01.2005	eye liner	18	\$ 56,47	south
18	15	Zaret	20.09.2006	foundation	-8	\$ (21,99)	east
19	16	Emilee	12.04.2004	mascara	45	\$ 137,39	east
20	17	Colleen	30.04.2006	mascara	66	\$ 199,65	south
21	18	Jen	31.08.2005	lip gloss	88	\$ 265,19	midwest
22	19	Jen	27.10.2004	eye liner	78	\$ 236,15	south
23	20	Zaret	27.11.2005	lip gloss	57	\$ 173,12	midwest

Рис. 49.2. Стрелки раскрывающегося списка фильтрации

Откройте список в столбце **Имя** (рис. 49.3). В нем можно было бы выбрать элемент **Текстовые фильтры** (Text Filters), позволяющий фильтровать данные на основе характеристик имен сотрудников (подробнее об этом будет рассказано далее). Но сейчас необходимо обработать данные для Джен (Jen), поэтому сначала снимите флажок (**Выделить все**) (Select All), установите флажок для Джен и нажмите кнопку **ОК**. Теперь видны только те записи, где сделки совершала Джен. Далее в столб-

це Продукт установите флажок для помады (lipstick). В столбце Регион установите флажок для восточного региона (East). Теперь видны только сделки Джен по продаже помады в восточном регионе (см. рис. 49.4 и лист Lipstick Jen East). Обратите внимание, что в столбцах, где были установлены условия фильтрации, стрелка превратилась в "воронку".

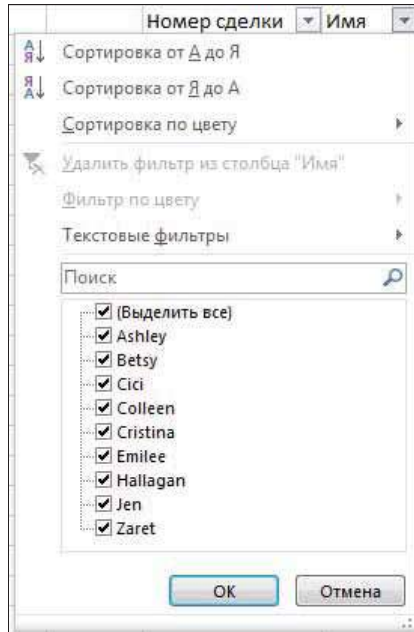


Рис. 49.3. Условия фильтрации для столбца Имя

	C	D	E	F	G	H	I
3	Номер сделки	Имя	Дата	Продукт	Количество	Сумма	Регион
503	500	Jen	19.03.2005	lipstick	6	\$ 20,04	east
509	506	Jen	17.02.2004	lipstick	67	\$ 202,62	east
691	688	Jen	06.03.2006	lipstick	36	\$ 110,26	east
763	760	Jen	23.01.2005	lipstick	12	\$ 37,85	east
846	843	Jen	27.07.2006	lipstick	34	\$ 103,40	east
1232	1229	Jen	24.09.2004	lipstick	92	\$ 277,63	east
1781	1778	Jen	31.08.2005	lipstick	24	\$ 74,61	east
1815	1812	Jen	22.05.2006	lipstick	67	\$ 203,18	east

Рис. 49.4. Сделки Джен по продаже помады в восточном регионе

**Как определить все сделки Кики и Коллин по продаже помады и туши в восточном и южном регионах?**

В списке столбца Имя выберите Cici и Colleen, в списке столбца Продукт — lipstick и mascara и в списке столбца Регион — East и South. Записи, отвечающие этим условиям, показаны на рис. 49.5. (См. лист Cici Colleen Lipstick And Masc.)

	C	D	E	F	G	H	I
3	Номер сделки	Имя	Дата	Продукт	Количество	Сумма	Регион
20	17	Colleen	30.04.2006	mascara	66	\$ 199,65	south
84	81	Cici	13.06.2006	lipstick	-3	\$ (7,62)	south
106	103	Cici	18.11.2004	mascara	38	\$ 115,86	south
139	136	Cici	24.09.2004	mascara	89	\$ 269,40	east
143	140	Cici	08.03.2005	lipstick	37	\$ 113,65	east
174	171	Colleen	26.05.2004	lipstick	60	\$ 182,02	east
191	188	Colleen	06.02.2004	mascara	-5	\$ (12,90)	east
201	198	Colleen	06.02.2004	mascara	60	\$ 181,94	east
237	234	Colleen	09.07.2004	lipstick	-3	\$ (7,40)	south
239	236	Cici	09.07.2004	mascara	5	\$ 17,20	east
244	241	Colleen	03.11.2006	mascara	64	\$ 194,25	east
253	250	Colleen	14.02.2005	lipstick	65	\$ 196,49	south
255	252	Cici	16.07.2006	mascara	-1	\$ (1,93)	south
317	314	Colleen	17.03.2006	lipstick	43	\$ 130,95	south
337	334	Colleen	14.02.2005	lipstick	15	\$ 46,64	east
339	336	Cici	18.07.2005	mascara	85	\$ 257,29	south
400	397	Colleen	17.02.2004	mascara	91	\$ 274,81	south
435	432	Cici	19.03.2005	mascara	27	\$ 83,00	south
442	439	Cici	15.01.2004	mascara	4	\$ 14,17	east

Рис. 49.5. Сделки Кики и Коллин по продаже помады и туши в восточном и южном регионах

### Как скопировать все сделки Кики и Коллин по продаже помады и туши в восточном и южном регионах на другой лист?

Хитрость состоит в том, что сначала следует нажать клавишу <F5>, затем кнопку **Выделить** (Special) и установить флажок **только видимые ячейки** (Visible Cells Only). Теперь при копировании данных будут учитываться только видимые строки (в данном случае это строки, выбранные по условиям фильтрации). Выделите все отфильтрованные ячейки на листе Cici Colleen lipstick and mascara и скопируйте их на пустой лист. Для создания пустого листа в книге щелкните правой кнопкой мыши по ярлычку любого листа, выберите **Вставить** (Insert) и нажмите кнопку **ОК**. Лист Visible Cells Copied содержит записи о сделках Кики и Коллин по продаже помады и туши в восточном и южном регионах.

### Как очистить фильтры в столбце или базе данных?

Для удаления всех фильтров на вкладке **ДАННЫЕ** (DATA) нажмите кнопку **Фильтр** (Filter). Для удаления фильтра из столбца щелкните по значку воронки возле соответствующего столбца и выберите **Удалить фильтр из столбца**.

### Как определить все сделки по продаже более 90 единиц продукции и более чем на 280 долларов?

Для включения фильтрации на вкладке **ДАННЫЕ** (DATA) в группе **Сортировка и фильтр** (Sort&Filter) нажмите кнопку **Фильтр** (Filter). Затем щелкните по стрелке раскрывающегося списка в столбце **Количество** (рис. 49.6).

В этом списке можно указать любое подмножество числовых значений (например, все сделки в которых фигурировали –10 или –8 единиц продукции). Здесь выбран список **Числовые фильтры** (Number Filters), который показан на рис. 49.7.

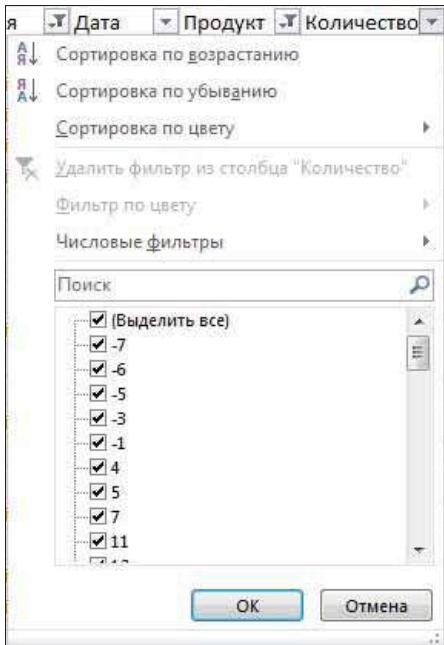


Рис. 49.6. Параметры фильтрации для столбца с числовыми значениями

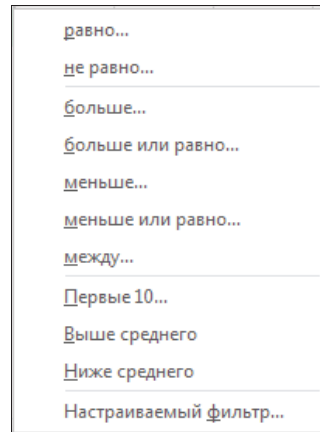


Рис. 49.7. Список Числовые фильтры

Большая часть этого списка не требует разъяснения. Выберите **больше** (Greater Than) и заполните данными появившееся диалоговое окно **Пользовательский автофильтр** (Custom AutoFilter), показанное на рис. 49.8.

Затем в столбце *Сумма* аналогичным образом выберите только те записи, сумма в которых превышает 280 долларов. На листе останутся записи, показанные на

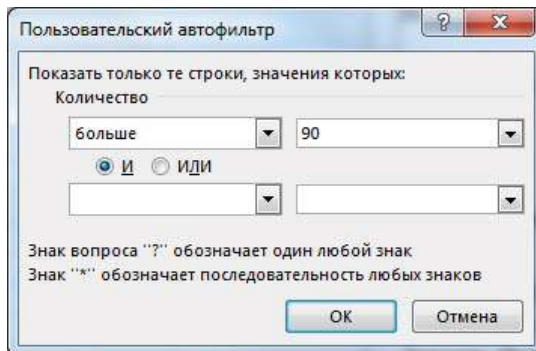


Рис. 49.8. Выбор всех записей с количеством проданных единиц продукции больше 90

рис. 49.9. (См. лист `See the Sales>90 units dollars>$280.`) Обратите внимание, что во всех записях проданных единиц продукции больше 90 и сумма превышает 280 долларов.

	C	D	E	F	G	H	I
3	Номер сделки	Имя	Дата	Продукт	Количество	Сумма	Регион
40	37	Ashley	09.08.2005	mascara	93	\$ 280,69	east
57	54	Cici	17.06.2004	eye liner	95	\$ 287,76	midwest
64	61	Emilee	21.12.2004	eye liner	95	\$ 287,05	midwest
65	62	Ashley	16.11.2005	lipstick	93	\$ 280,77	west
165	162	Betsy	14.10.2005	foundation	93	\$ 280,17	west
217	214	Betsy	13.09.2004	foundation	94	\$ 283,74	west
284	281	Emilee	16.11.2005	foundation	94	\$ 283,85	midwest
289	286	Betsy	27.07.2006	mascara	94	\$ 284,14	west
314	311	Jen	15.05.2004	eye liner	94	\$ 283,88	east
338	335	Ashley	26.05.2004	mascara	94	\$ 283,62	midwest
340	337	Colleen	18.11.2004	lip gloss	95	\$ 286,86	west
406	403	Jen	04.06.2005	mascara	93	\$ 281,17	south
450	447	Cici	01.10.2006	mascara	94	\$ 283,45	west
545	542	Ashley	19.04.2006	foundation	93	\$ 281,17	midwest
579	576	Emilee	10.04.2005	lipstick	93	\$ 280,80	midwest
587	584	Emilee	15.01.2004	foundation	94	\$ 284,61	east
599	596	Colleen	03.10.2005	mascara	94	\$ 284,25	east
632	629	Hallagan	31.07.2004	mascara	94	\$ 283,88	east

Рис. 49.9. Сделки по продаже более 90 единиц продукции на сумму свыше 280 долларов

### Как определить все сделки, заключенные в 2005 или 2006 гг.?

После включения фильтрации кнопкой **Фильтр** (Filter) щелкните по стрелке раскрывающегося списка в столбце *Дата* для отображения списка, показанного на рис. 49.10.

После установки флажков для 2005 и 2006 останутся только записи, включающие продажи в 2005 и 2006 гг. (рис. 49.11, лист `Sales In 2005 And 2006`).

Кроме того, в раскрывающемся списке можно выбрать элемент **Фильтры по дате** (Date Filters) и просмотреть список параметров (рис. 49.12).

Большинство этих параметров фильтрации также не требует пояснений. Параметр **Настраиваемый фильтр** (Custom Filter) позволяет выбрать в качестве условий фильтрации любой диапазон дат.

### Как определить все сделки, имевшие место в последние три месяца 2005 г. и в первые три месяца 2006 г.?

Откройте в столбце *Дата* раскрывающийся список (см. рис. 49.10). Откройте список месяцев, щелкнув по знаку + слева от обозначения соответствующего года. Выберите месяцы с октября по декабрь 2005 г. и с января по март 2006 г. для отображения всех продаж за этот период. (См. рис. 49.13 и лист `Filter By Months`.)

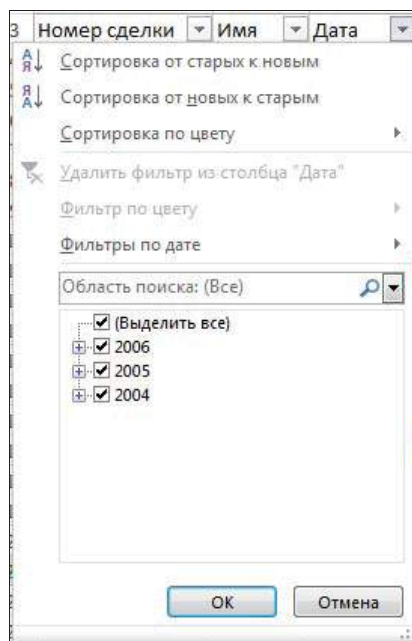


Рис. 49.10. Параметры фильтрации для столбца Дата

	C	D	E	F	G	H	I
3	Номер сделки	Имя	Дата	Продукт	Количество	Сумма	Регион
6	3	Ashley	25.02.2005	lipstick	9	\$ 28,72	midwest
7	4	Hallagan	22.05.2006	lip gloss	55	\$ 167,08	west
9	6	Colleen	27.11.2005	eye liner	58	\$ 175,99	midwest
11	8	Colleen	17.12.2006	lip gloss	72	\$ 217,84	midwest
12	9	Ashley	05.07.2006	eye liner	75	\$ 226,64	south
13	10	Betsy	07.08.2006	lip gloss	24	\$ 73,50	east
16	13	Emilee	31.08.2005	lip gloss	49	\$ 149,59	west
17	14	Hallagan	01.01.2005	eye liner	18	\$ 56,47	south
18	15	Zaret	20.09.2006	foundation	-8	\$ (21,99)	east
20	17	Colleen	30.04.2006	mascara	66	\$ 199,65	south
21	18	Jen	31.08.2005	lip gloss	88	\$ 265,19	midwest
23	20	Zaret	27.11.2005	lip gloss	57	\$ 173,12	midwest
24	21	Zaret	02.06.2006	mascara	12	\$ 38,08	west
26	23	Colleen	01.02.2006	mascara	25	\$ 77,31	midwest
27	24	Emilee	06.12.2006	lip gloss	24	\$ 74,62	west
29	26	Cristina	22.09.2005	foundation	77	\$ 233,05	midwest
30	27	Cristina	28.03.2006	lip gloss	53	\$ 161,46	midwest
32	29	Zaret	09.09.2006	mascara	19	\$ 59,15	west

Рис. 49.11. Данные о продажах в 2005 и 2006 гг.

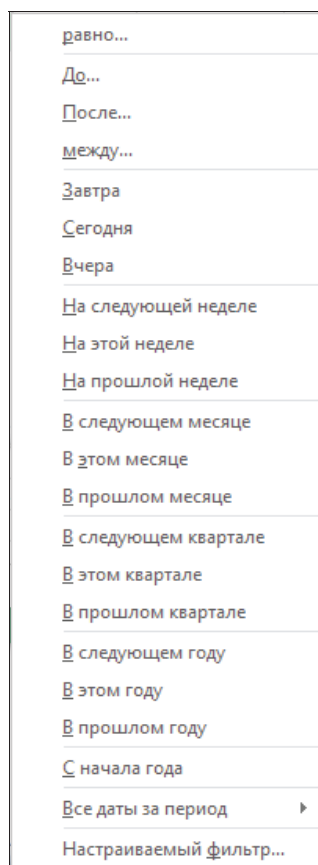


Рис. 49.12. Параметры фильтрации по дате

	C	D	E	F	G	H	I
3	Номер сделки	Имя	Дата	Продукт	Количество	Сумма	Регион
9	6	Colleen	27.11.2005	eye liner	58	\$ 175,99	midwest
23	20	Zaret	27.11.2005	lip gloss	57	\$ 173,12	midwest
26	23	Colleen	01.02.2006	mascara	25	\$ 77,31	midwest
30	27	Cristina	28.03.2006	lip gloss	53	\$ 161,46	midwest
33	30	Cici	23.02.2006	foundation	-9	\$ (24,63)	west
53	50	Cristina	08.12.2005	lip gloss	8	\$ 26,24	midwest
55	52	Colleen	16.11.2005	foundation	62	\$ 189,25	midwest
61	58	Hallagan	05.11.2005	foundation	63	\$ 191,37	south
65	62	Ashley	16.11.2005	lipstick	93	\$ 280,77	west
70	67	Colleen	06.03.2006	foundation	-2	\$ (3,94)	west
75	72	Jen	10.01.2006	lip gloss	69	\$ 208,69	east
82	79	Zaret	19.12.2005	eye liner	26	\$ 80,30	south
93	90	Colleen	21.01.2006	lip gloss	75	\$ 226,74	south
94	91	Betsy	03.10.2005	eye liner	74	\$ 224,23	west
98	95	Jen	17.03.2006	lipstick	-8	\$ (22,11)	west

Рис. 49.13. Продажи с октября по декабрь 2005 г. и с января по март 2006 г.



## Как определить все сделки, заключенные торговыми представителями, имена которых начинаются с буквы С?

Щелкните по стрелке раскрывающегося списка столбца *Имя* и выберите в нем элемент **Текстовые фильтры** (Text Filters). В появившемся меню выберите **начинается с** (Begins With) и заполните данными диалоговое окно, как показано на рис. 49.14.

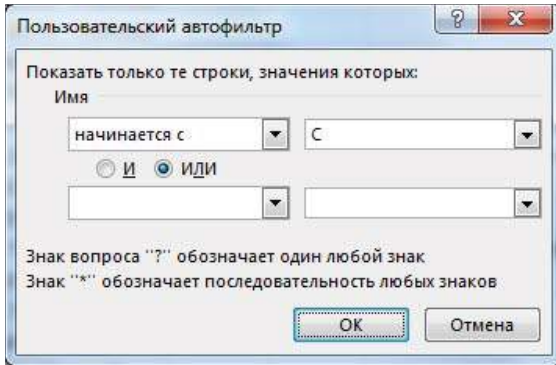


Рис. 49.14. Диалоговое окно **Пользовательский автофильтр** для выбора всех записей, в которых имя торгового представителя начинается с буквы С

## Как определить все сделки, для которых ячейка с названием продукта окрашена в красный цвет?

Щелкните по стрелке раскрывающегося списка столбца *Продукт* и выберите в нем элемент **Фильтр по цвету** (Filter By Color). Затем выберите цвет, используемый как фильтр (рис. 49.15). На рис. 49.16 показаны только те записи, в которых ячейка с названием продукта окрашена в красный цвет (см. лист *Filter By Color*).

## Как определить все сделки среди 30 сделок с максимальной выручкой, в которых торговыми представителями были Халлаган или Джен?

После включения фильтрации кнопкой **Фильтр** (Filter) щелкните по стрелке раскрывающегося списка в столбце *Имя* и установите флажки для Халлагана (Hallagan) и Джен (Jen). Щелкните по стрелке раскрывающегося списка в столбце *Сумма* и выберите **Числовые фильтры** (Number Filters). В появившемся списке выберите **Первые 10** (Top 10) и заполните данными диалоговое окно (рис. 49.17). В результате все записи будут отфильтрованы и останутся только 30 записей для сделок с наибольшими значениями выручки, в которых торговыми представителями были Джен или Халлаган. (См. результаты на рис. 49.18 и на листе *Top 30 \$s With Hallagan Or Jen*). Следует отметить, что только в пяти из первых 30 сделок торговыми представителями были Халлаган и Джен. Аналогичным образом можно выбрать показ **наибольших 5% от количества элементов, наименьших 20% от количества элементов** и т. д. для любых числовых столбцов.

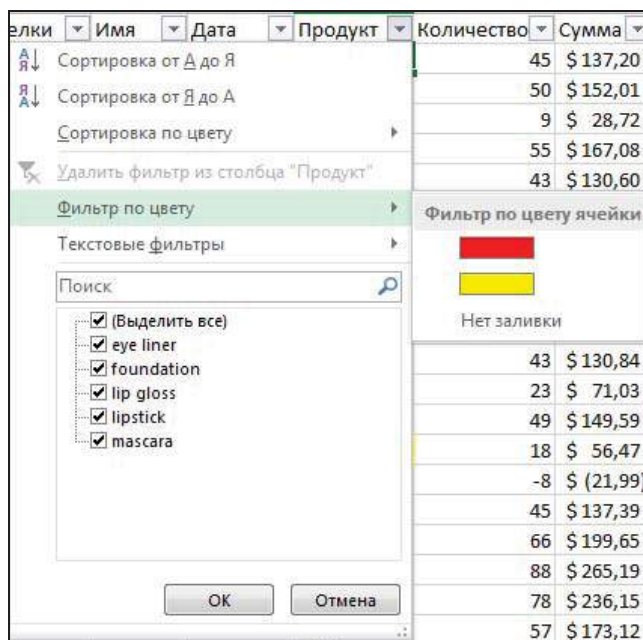


Рис. 49.15. Диалоговое окно для фильтрации по цвету ячейки

	C	D	E	F	G	H	I
3	Номер сделки	Имя	Дата	Продукт	Количество	Сумма	Регион
11	8	Colleen	17.12.2006	lip gloss	72	\$ 217,84	midwest
247	244	Ashley	24.09.2004	foundation	84	\$ 253,29	east
292	289	Zaret	26.05.2004	lipstick	56	\$ 169,19	south

Рис. 49.16. Все записи, в которых ячейка с названием продукта окрашена в красный цвет

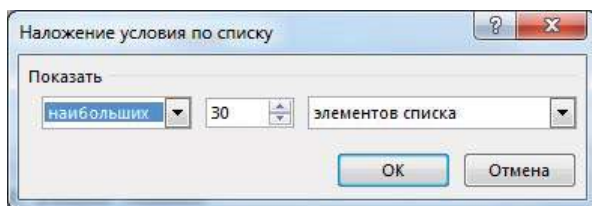


Рис. 49.17. Диалоговое окно для выбора 30 первых записей по значению суммы

	C	D	E	F	G	H	I
3	Номер сделки	Имя	Дата	Продукт	Количество	Сумма	Регион
314	311	Jen	15.05.2004	eye liner	94	\$ 283,88	east
722	719	Hallagan	13.06.2006	lip gloss	95	\$ 286,68	midwest
797	794	Hallagan	18.08.2006	foundation	95	\$ 287,80	midwest
1259	1256	Hallagan	08.04.2006	lip gloss	95	\$ 286,76	midwest
1619	1616	Hallagan	29.07.2005	eye liner	95	\$ 287,15	west

Рис. 49.18. Тридцать первых сделок по значению суммы, в которых торговыми представителями были Халлаган или Джен

## Как быстро получить полный список торговых представителей?

Здесь требуется получить список всех торговых представителей без повторения имен. На вкладке **ДАННЫЕ** (DATA) в группе **Работа с данными** выберите **Удалить дубликаты** (Remove Duplicates). Появится диалоговое окно **Удалить дубликаты** (Remove Duplicates), показанное на рис. 49.19. Сначала нажмите кнопку **Снять выделение** (Unselect All), затем установите флажок для столбца **Имя** и нажмите кнопку **ОК**. После фильтрации останутся только первые записи, включающие имя каждого торгового представителя. См. результаты на рис. 49.20 и на листе Name Duplicates Removed.

### **ВАЖНО!**

Поскольку при удалении дубликатов удаляется часть данных, рекомендуется перед этим сделать копию данных.

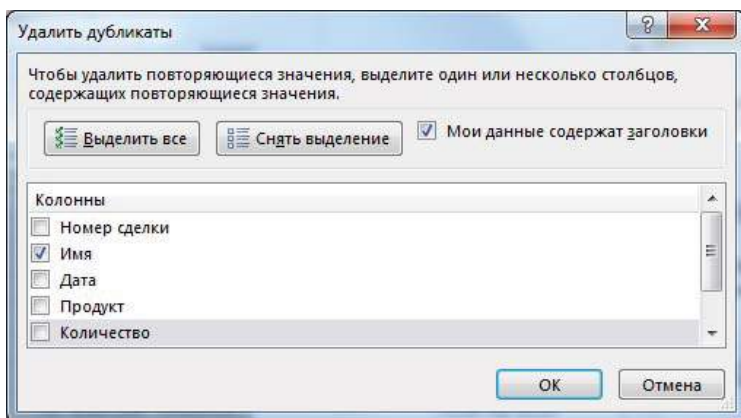


Рис. 49.19. Диалоговое окно **Удалить дубликаты** для столбца **Имя**

	C	D	E	F	G	H	I
3	Номер сделки	Имя	Дата	Продукт	Количество	Сумма	Регион
4		1 Betsy	01.04.2004	lip gloss	45	\$ 137,20	south
5		2 Hallagan	10.03.2004	foundation	50	\$ 152,01	midwest
6		3 Ashley	25.02.2005	lipstick	9	\$ 28,72	midwest
7		5 Zaret	17.06.2004	lip gloss	43	\$ 130,60	midwest
8		6 Colleen	27.11.2005	eye liner	58	\$ 175,99	midwest
9		7 Cristina	21.03.2004	eye liner	8	\$ 25,80	midwest
10		13 Emilee	31.08.2005	lip gloss	49	\$ 149,59	west
11		18 Jen	31.08.2005	lip gloss	88	\$ 265,19	midwest
12		28 Cici	17.06.2004	mascara	41	\$ 125,27	west

Рис. 49.20. Список имен торговых представителей

## Как просмотреть все комбинации "торговый представитель — продукт — регион", встречающиеся в базе данных?

Здесь снова требуется начать с удаления дубликатов на вкладке **ДАННЫЕ** (DATA). Заполните диалоговое окно **Удалить дубликаты** (Remove Duplicates), как показано на рис. 49.21.

На рис. 49.22 представлены первые записи для каждой комбинации торговый "представитель — продукт — регион", встречающейся в базе данных. (См. лист Unique Name Product Location.) Всего насчитывается 180 уникальных комбинаций. Как видно из рисунка, двадцатая запись отсутствует, поскольку она относится к сделке Зарет (Zaret) с блеском для губ (lip gloss) на Среднем Западе (Midwest), а пятая запись уже включает такую комбинацию.

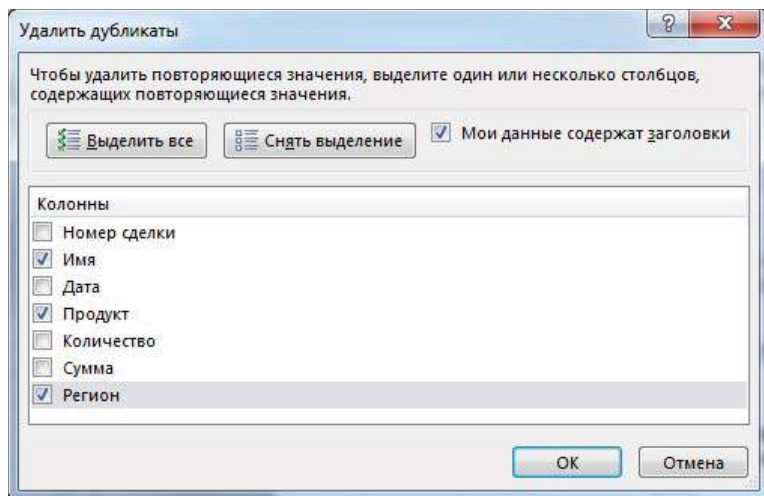


Рис. 49.21. Поиск уникальных комбинаций "торговый представитель — продукт — регион"

	C	D	E	F	G	H	I
3	Номер сделки	Имя	Дата	Продукт	Количество	Сумма	Регион
4		1 Betsy	01.04.2004	lip gloss	45	\$ 137,20	south
5		2 Hallagan	10.03.2004	foundation	50	\$ 152,01	midwest
6		3 Ashley	25.02.2005	lipstick	9	\$ 28,72	midwest
7		4 Hallagan	22.05.2006	lip gloss	55	\$ 167,08	west
8		5 Zaret	17.06.2004	lip gloss	43	\$ 130,60	midwest
9		6 Colleen	27.11.2005	eye liner	58	\$ 175,99	midwest
10		7 Cristina	21.03.2004	eye liner	8	\$ 25,80	midwest
11		8 Colleen	17.12.2006	lip gloss	72	\$ 217,84	midwest
12		9 Ashley	05.07.2006	eye liner	75	\$ 226,64	south
13		10 Betsy	07.08.2006	lip gloss	24	\$ 73,50	east
14		11 Ashley	29.11.2004	mascara	43	\$ 130,84	east
15		12 Ashley	18.11.2004	lip gloss	23	\$ 71,03	west
16		13 Emilee	31.08.2005	lip gloss	49	\$ 149,59	west
17		14 Hallagan	01.01.2005	eye liner	18	\$ 56,47	south
18		15 Zaret	20.09.2006	foundation	-8	\$ (21,99)	east
19		16 Emilee	12.04.2004	mascara	45	\$ 137,39	east
20		17 Colleen	30.04.2006	mascara	66	\$ 199,65	south
21		18 Jen	31.08.2005	lip gloss	88	\$ 265,19	midwest
22		19 Jen	27.10.2004	eye liner	78	\$ 236,15	south
23		21 Zaret	02.06.2006	mascara	12	\$ 38,08	west

Рис. 49.22. Список уникальных комбинаций "торговый представитель — продукт — регион"

### Если данные изменились, как повторно применить тот же самый фильтр?

Щелкните правой кнопкой мыши на любой ячейке в результатах фильтрования и в группе **Сортировка и фильтр** (Sort&Filter) щелкните по значку **Повторить** (Reapply). В отфильтрованных данных отразятся любые изменения данных.

### Как извлечь все сделки по продаже основы под макияж, заключенные Эмили и Джен за первые шесть месяцев 2005 г., в которых средняя цена единицы продукции составила больше 3,20 долларов?

Автофильтр (даже настраиваемый) ограничен и-запросами по столбцам. Это означает, например, что поиск всех сделок Джен с помадой за 2005 г. и сделок Зарет с основой под макияж за 2004 г. невозможен. Для выполнения более сложных запросов, подобных этому, необходимо использовать расширенный фильтр. Для него задают диапазон условий, определяющий записи, которые требуется извлечь. (Этот процесс подробно описан в *главе 48*.) После этого указывают диапазон, в который будут помещены извлеченные записи. Для определения всех сделок с основой под макияж (foundation) за первые шесть месяцев 2005 г., в которых торговым представителем была Эмили или Джен и в которых средняя цена единицы продукции составила больше 3,20 долларов, можно задать диапазон условий, показанный в ячейках O4:S6 на рис. 49.23. (См. лист Jen+Emilee в файле Advancedfilter.xlsx.)

	O	P	Q	R	S
3					
4	Имя	Дата	Дата	Цена	Продукт
5	Jen	>=1/1/2005	<=6/30/2005	ЛОЖЬ	Foundation
6	Emilee	>=1/1/2005	<=6/30/2005	ЛОЖЬ	Foundation

Рис. 49.23. Диапазон условий для расширенного фильтра

Введите в ячейках R5 и R6 формулу  $= (L5/K5) > 3,2$ . Как было сказано в *главе 48*, такая формула является вычисляемым условием, по которому помечается каждая строка со средней ценой за единицу продукции больше 3,20 долларов. Также напомним, что заголовок для вычисляемого условия не должен быть именем поля. Здесь указан заголовок *Цена*. Согласно условиям в диапазоне O5:S5 помечаются все записи для сделок, в которых торговым представителем является Джен, дата приходится на период между 1/1/2005 и 30/6/2005, проданным продуктом является основа под макияж, а средняя цена за единицу продукции составляет больше 3,20 долларов. Таким образом, помечаются именно те записи, которые требуются. Напомним, что условия в разных строках объединяются оператором **ИЛИ**.

Теперь выберите любую ячейку в базе данных и на вкладке **ДАННЫЕ** (DATA) в группе **Сортировка и фильтр** (Sort & Filter) щелкните по значку **Дополнительно** (Advanced). Заполните данными диалоговое окно **Расширенный фильтр** (Advanced Filter) — рис. 49.24.

Согласно этим данным, из базы данных (в диапазоне ячеек G4:M1895) должны быть извлечены все записи, которые удовлетворяют условиям в O4:S6. Эти записи должны быть скопированы в диапазон, левым верхним углом которого является ячейка

ка 014. Извлеченные записи представлены в диапазоне ячеек 014:U18. Указанным условиям соответствуют только четыре записи (см. рис. 49.25 и лист Jen+Emilee.)

Если в диалоговом окне **Расширенный фильтр** (Advanced Filter) установить флажок **Только уникальные записи** (Unique records only), повторяющиеся записи не будут извлечены. Например, если бы Джен провела еще одну сделку с основой под макияж в восточном регионе 19 марта 2005 г. для одной единицы продукции на сумму 4,88 долларов, была бы извлечена запись только для одной из этих сделок.

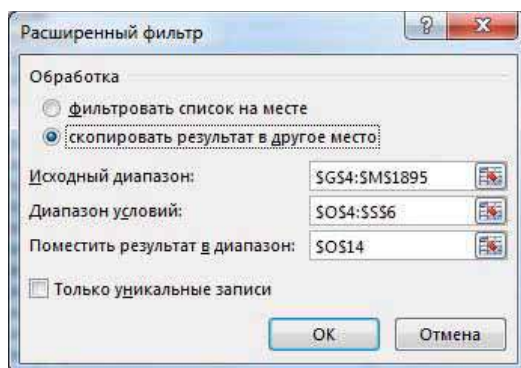


Рис. 49.24. Диалоговое окно **Расширенный фильтр**

	O	P	Q	R	S	T	U
14	Номер сделки	Имя	Дата	Продукт	Количество	Сумма	Регион
15	392	Jen	25.02.2005	foundation	8	\$ 26,31	south
16	479	Emilee	24.05.2005	foundation	2	\$ 7,68	east
17	1035	Emilee	10.04.2005	foundation	8	\$ 26,40	east
18	1067	Jen	19.03.2005	foundation	1	\$ 4,86	east

Рис. 49.25. Результаты работы расширенного фильтра

## Задания

1. Найдите все сделки Халлагана (Hallagan) по продаже подводки для глаз в западном регионе.
2. Найдите все сделки, входящие в 5% наиболее крупных сделок по количеству проданных единиц продукции.
3. Найдите первые 20 наиболее доходных сделок, включающих продажи основы под макияж (foundation).
4. Найдите все сделки за 2004 г. по продаже не менее 60 единиц продукции, для которых цена за единицу продукции составила максимум 3,10 долларов.
5. Найдите все сделки с основой под макияж (foundation) за первые три месяца 2004 г., в которых цена за единицу продукции была выше средней цены, полученной за основу под макияж, за весь период.

6. Найдите все сделки Зарет (Zaret) или Бетси (Betsy) по продаже помады (lipstick) или основы под макияж.
7. Найдите все уникальные комбинации "продукт — торговый представитель".
8. Найдите 30 наиболее крупных сделок (по количеству единиц продукции) по продаже блеска для губ (lip gloss) или туши (mascara) в 2005 г.
9. Найдите все сделки Джен (Jen) между 10 августа и 15 сентября 2005 г.
10. Найдите все сделки Коллин (Colleen) по продаже помады (lipstick), в которых количество проданных единиц продукции больше, чем среднее количество единиц продукции в сделках по продаже помады.
11. Найдите все уникальные комбинации "имя — продукт — регион", встречающиеся в сделках за первые три месяца 2006 г.
12. Найдите все записи, в которых ячейка с названием продукта окрашена в желтый цвет.

# Консолидация данных

### Обсуждаемый вопрос

- ◆ Компания продает продукцию в нескольких регионах США. В каждом регионе хранятся записи о количестве проданных единиц продукции в январе, феврале и марте. Существует ли простой способ создания мастер-книги, в которой постоянно объединяются продажи для всех регионов и производится подсчет общей суммы выручки для каждого продукта, проданного в США в течение каждого месяца?

Бизнес-аналитики часто получают листы с подведением итогов по одним и тем же данным (таким как ежемесячные продажи продуктов) из различных филиалов или регионов. Аналитику, как правило, приходится объединять или консолидировать эту информацию в одной книге Microsoft Excel в целях определения общей прибыльности компании. Как правило, для достижения этой цели из нескольких диапазонов консолидации создаются сводные таблицы, но существует другой, малоизвестный способ — инструмент **Консолидация** (Consolidate) на вкладке **ДАННЫЕ** (DATA). С его помощью можно обеспечить автоматическое отражение на объединенном листе изменений, произошедших на отдельных листах.

### Ответ на вопрос

---

В этом разделе приведен ответ на вопрос в начале главы.

**Компания продает продукцию в нескольких регионах США. В каждом регионе хранятся записи о количестве проданных единиц продукции в январе, феврале и марте. Существует ли простой способ создания мастер-книги, в которой постоянно объединяются продажи для всех регионов и производится подсчет общей суммы выручки для каждого продукта, проданного в США в течение каждого месяца?**

Файл East.xlsx (рис. 50.1) содержит данные о ежемесячных продажах продуктов A—H в восточной части США за январь, февраль и март. Аналогично, файл West.xlsx (рис. 50.2) содержит данные о ежемесячных продажах продуктов A—H в западной части США за январь, февраль и март. Необходимо создать объединенный лист, в котором сведены в таблицу общие объемы продаж для каждого продукта за месяц.

Перед применением инструмента **Консолидация** (Consolidate) следует просмотреть оба листа вместе на экране. Для этого откройте обе книги и на вкладке **ВИД**



	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Продукт	Январь	Февраль	Март		Продажи в Восточном регионе		
2	A	205	263	20				
3	B	164	-17	146				
4	C	278	177	179				
5	D	156	214	240				
6	D	72	134	48				
7	D	7	256	104				
8	A	141	87	148				
9	A	2	-15	135				
10	A	-44	47	72				
11	B	7	-81	2				
12	E	25	120	171				
13	E	197	90	124				
14	E	221	121	48				
15	A	84	103	134				
16	G	-13	250	51				
17	D	-5	159	70				
18	E	136	152	28				

Рис. 50.1. Продажи в восточном регионе с января по март

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Продукт	Январь	Февраль	Март		Продажи в Западном регионе		
2	A	173	1	256				
3	A	208	201	224				
4	B	176	33	350				
5	B	190	249	215				
6	D	162	74	156				
7	D	90	150	170				
8	D	112	284	141				
9	G	154	217	113				
10	G	152	200	275				
11	G	277	183	372				
12	H	131	71	266				
13	F	294	211	249				
14	F	146	125	5				
15	A	115	214	141				
16	F	157	241	73				
17	A	125	227	135				
18	A	314	189	180				
19	C	189	154	101				
20	C	313	182	68				
21	C	389	247	257				

Рис. 50.2. Продажи в западном регионе с января по март

(VIEW) в группе **Окно** (Window) щелкните по значку **Упорядочить все** (Arrange All) и выберите **Рядом** (Tiled). Экран должен выглядеть так, как на рис. 50.3.

Теперь откройте пустой лист в новой книге и снова щелкните по значку **Упорядочить все** (Arrange All) и выберите **Рядом** (Tiled). На пустом листе на вкладке **ДААННЫЕ** (DATA) в группе **Работа с данными** (Data Tools) выберите инструмент **Консолидация** (Consolidate). Откроется диалоговое окно **Консолидация** (Consolidate), показанное на рис. 50.4.

	А	В	С	Д	Е
1	Продукт	Январь	Февраль	Март	
2	A	205	263	20	
3	B	164	-17	146	
4	C	278	177	179	
5	D	156	214	240	
6	D	72	134	48	
7	D	7	256	104	
8	A	141	87	148	
9	A	2	-15	135	
10	A	-44	47	72	
11	B	7	-81	2	
12	E	25	120	171	
13	E	197	90	124	
14	E	221	121	48	
15	A	84	103	134	
16	G	-13	250	51	
17	D	-5	159	70	
18	E	136	152	28	
19					

	А	В	С	Д	Е
1	Продукт	Январь	Февраль	Март	
2	A	173	1	256	
3	A	208	201	224	
4	B	176	33	350	
5	B	190	249	215	
6	D	162	74	156	
7	D	90	150	170	
8	D	112	284	141	
9	G	154	217	113	
10	G	152	200	275	
11	G	277	183	372	
12	H	131	71	266	
13	F	294	211	249	
14	F	146	125	5	
15	A	115	214	141	
16	F	157	241	73	
17	A	125	227	135	
18	A	314	189	180	
19	C	189	154	101	

Рис. 50.3. Продажи в восточном и западном регионах на одном экране

Консолидация

Функция:  
Сумма

Ссылка:  
Обзор...

Список диапазонов:  
Добавить  
Удалить

Использовать в качестве имен  
 подписи верхней строки  
 значения левого столбца  
 Создавать связи с исходными данными

OK Закрыть

Рис. 50.4. Диалоговое окно Консолидация

Для объединения данных из восточного и западного регионов на новом пустом листе в диалоговом окне **Консолидация** (Consolidate) в поле **Ссылка** (Reference) по очереди выберите диапазоны, которые требуется объединить. После выбора каждого диапазона нажмите кнопку **Добавить** (Add). Флажки **подписи верхней строки** (Top row) и **значения левого столбца** (Left column), установленные в разделе **Использовать в качестве имени** (Use labels in), позволят убедиться в том, что объединяются выделенные диапазоны, путем просмотра меток в верхней строке и

левом столбце каждого диапазона. Флажок **Создавать связи с исходными данными** (Create links to source data) обеспечивает отражение изменений в выделенных диапазонах на объединенном листе. В раскрывающемся списке **Функция** (Function) выберите **Сумма** (Sum), поскольку требуется сложить объемы продаж каждого продукта за месяц. С помощью функции **Количество** (Count) можно вычислить количество сделок для каждого продукта в каждом месяце, а с помощью функции **Максимум** (Max) можно вычислить самую крупную сделку для каждого продукта в каждом месяце. Диалоговое окно **Консолидация** (Consolidate) должно быть заполнено данными, как показано на рис. 50.5.

После нажатия кнопки **ОК** новый лист выглядит так, как представлено на рис. 50.6. (См. файл Eastandwestconsolidated.xlsx.) Видно, что в феврале было продано 1317 единиц продукта А, в январе — 597 единиц продукта F и т. д.

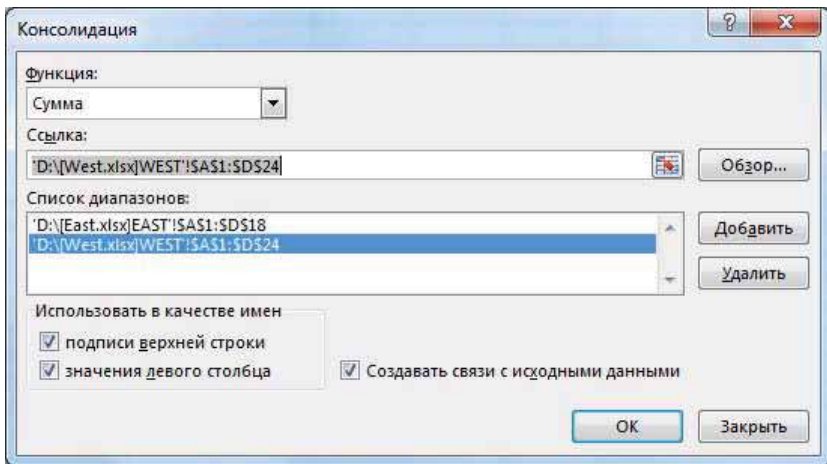


Рис. 50.5. Диалоговое окно Консолидация с данными

1	2	A	B	C	D	E	F
	1			Январь	Февраль	Март	
+	3	H		131	71	266	
+	7	F		597	577	327	
+	18	A		1323	1317	1445	
+	24	B		890	335	812	
+	30	C		1231	922	843	
+	39	D		767	1424	1199	
+	44	E		579	483	371	
+	49	G		570	850	811	

Рис. 50.6. Данные об общих объемах продаж после консолидации

Теперь в ячейке c2 файла East.xlsx измените объем продаж продукта А в феврале с 263 на 363. Обратите внимание, что на объединенном листе, значение объема продаж продукта А в феврале также увеличилось на 100 единиц (с 1317 до 1417). Это изменение произошло из-за флажка **Создавать связи с исходными данными** (Create links to source data), установленного в диалоговом окне **Консолидация** (Conso-

idate). Кстати, если щелкнуть по цифре 2 в левом верхнем углу объединенного листа, можно увидеть, как в Excel для выполнения консолидации были сгруппированы данные. Результат содержится в файле Eastandwestconsolidated.xlsx. Безусловно, можно также объединить данные с разных листов при помощи сводных таблиц с несколькими диапазонами консолидации (см. главу 43).

Если в исходную книгу (в данном случае East.xlsx и West.xlsx) необходимо часто загружать новые данные, рекомендуется диапазонам с данными присвоить имена как таблицам. Тогда новые данные будут автоматически включаться в консолидацию. Или можно под текущим набором данных выделить несколько пустых строк. После заполнения пустых строк новыми данными эти новые данные будут учтены при выполнении консолидации. Третий вариант включает преобразование диапазонов данных в динамические диапазоны (см. главу 21).

## Задания

---

Эти задания относятся к данным в файлах Jancon.xlsx и Febcon.xlsx. Каждый файл содержит проданный продукт, показатели продаж в штуках и выручку в долларах для сделок за месяц.

1. Создайте объединенный лист, на котором определен общий показатель продаж в штуках и общая выручка в долларах для каждого продукта по регионам.
2. Создайте объединенный лист, на котором за первый квартал по регионам для каждого продукта определяется самая крупная сделка с точки зрения выручки и количества проданных единиц продукции.



# Создание промежуточных итогов

### Обсуждаемые вопросы

- ◆ Каков самый быстрый способ настройки листа для вычисления общей выручки и количества проданных единиц продукции по регионам?
- ◆ Каким образом можно получить разбивку продаж по торговым представителям в каждом регионе?

Joolas — небольшая компания по производству косметических товаров, в которой для каждой сделки сохраняются следующие данные: имя торгового представителя, место совершения сделки, проданный продукт, количество проданной продукции и выручка. Менеджерам компании необходимо получить ответы на вопросы, подобные тем, что рассматриваются в данной главе.

В Microsoft Excel для получения срезов данных могут быть задействованы сводные таблицы. Однако часто требуется просто обработать список или базу данных в виде списка. Например, в базе данных по продажам необходимо подвести итоги для выручки от продаж по регионам, для выручки от продаж по продуктам и для выручки от продаж по торговым представителям. Если отсортировать список по столбцу, в котором указаны требуемые данные, с помощью инструмента **Промежуточный итог** (Subtotal) можно на основе значений в этом столбце создать в списке итоговые данные. Например, если базу данных косметических товаров отсортировать по регионам, то можно вычислить общую выручку и количество проданных единиц продукции для каждого региона и поместить итоговые данные непосредственно под последней строкой для соответствующего региона. Рассмотрим еще один пример. После сортировки базы данных по продуктам можно с помощью инструмента **Промежуточный итог** (Subtotal) вычислить общую выручку и количество проданных единиц продукции для каждого продукта и вывести итоговые данные под строкой, в которой изменяется продукт. К сожалению, если диапазон ячеек преобразован в таблицу Excel (см. главу 25), использовать такую таблицу для создания промежуточных итогов невозможно.

В следующем разделе показано, как с помощью инструмента **Промежуточный итог** (Subtotals) можно быстро обработать данные Excel.

## Ответы на вопросы

В этом разделе приведены ответы на вопросы, перечисленные в начале главы.

**Каков самый быстрый способ настройки листа для вычисления общей выручки и количества проданных единиц продукции по регионам?**

Данные к этому примеру находятся в файле *Makeupsubtotals.xlsx*. На рис. 51.1 показана часть данных после сортировки списка по столбцу *Регион*.

A	B	C	D	E	F	G
Номер сделки	Имя	Дата	Продукт	Количество	Сумма	Регион
10	Betsy	07.08.2006	lip gloss	24	\$ 73,50	east
11	Ashley	29.11.2004	mascara	43	\$ 130,84	east
15	Zaret	20.09.2006	foundation	-8	\$ (21,99)	east
16	Emilee	12.04.2004	mascara	45	\$ 137,39	east
45	Emilee	20.09.2006	lip gloss	2	\$ 7,85	east
46	Ashley	09.08.2005	mascara	93	\$ 280,69	east
58	Cristina	12.04.2004	foundation	34	\$ 104,09	east
60	Jen	27.10.2004	mascara	89	\$ 269,09	east
69	Cristina	23.01.2005	eye liner	73	\$ 221,41	east
77	Cristina	15.01.2004	mascara	27	\$ 83,29	east
81	Jen	10.01.2006	lip gloss	69	\$ 208,69	east
86	Jen	09.08.2005	eye liner	-2	\$ (4,24)	east
87	Emilee	31.08.2005	eye liner	5	\$ 17,03	east
98	Jen	12.04.2004	lip gloss	92	\$ 277,54	east
108	Cici	31.08.2005	lip gloss	-10	\$ (28,41)	east
114	Betsy	22.09.2005	lipstick	77	\$ 233,33	east
116	Zaret	24.06.2006	eye liner	22	\$ 68,07	east
119	Colleen	22.05.2006	eye liner	20	\$ 62,37	east
131	Jen	29.11.2004	mascara	56	\$ 168,87	east
133	Betsy	09.07.2004	mascara	11	\$ 34,42	east
140	Jen	28.06.2004	eye liner	80	\$ 242,50	east
145	Cici	24.09.2004	mascara	89	\$ 269,40	east

Рис. 51.1. После сортировки списка по значениям в конкретном столбце можно быстро создать промежуточные итоги для соответствующих данных

Для вычисления выручки и количества проданных единиц продукции по регионам установите курсор где-либо в пределах базы данных и затем на вкладке **ДАННЫЕ** (DATA) в группе **Структура** (Outline) выберите инструмент **Промежуточный итог** (Subtotal). В появившемся диалоговом окне **Промежуточные итоги** (Subtotal) задайте значения, как показано на рис. 51.2.

В списке **При каждом изменении в** (At each change in) выберите столбец *Регион* для создания промежуточных итогов в каждой точке, в которой значение в этом столбце изменяется, что соответствует различным регионам. В списке **Операция** (Use function) выберите **Сумма** (Sum) для создания итогов по каждому региону на основе любого набора столбцов. Выберите в списке **Добавить итоги по** (Add subtotal to) столбцы *Количество* и *Сумма* для подведения промежуточных итогов по этим столбцам. Флажок **Заменить текущие итоги** (Replace current subtotals) предназначен для удаления любых ранее вычисленных предварительных итогов. Поскольку промежуточные итоги еще не были созданы, для данного примера не имеет значения,

установлен этот флажок или нет. Если установлен флажок **Конец страницы между группами** (Page break between groups), каждый раз после промежуточных итогов автоматически вставляется разрыв страницы. При установленном флажке **Итоги под данными** (Summary below data) промежуточные итоги располагаются под данными. Если этот флажок не установлен, промежуточные итоги создаются над теми данными, которые использовались для вычислений. При помощи кнопки **Убрать все** (Remove All) все промежуточные итоги удаляются из списка.

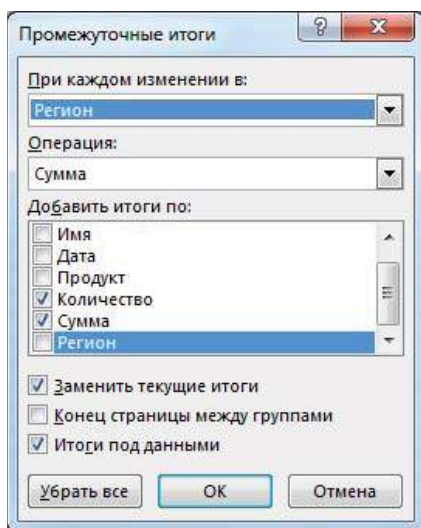


Рис. 51.2. Диалоговое окно **Промежуточные итоги**

На рис. 51.3 приведен пример результатов по подведению промежуточных итогов. Как видно из рисунка, в восточном регионе (east) было продано 18 818 единиц продукции на сумму 57 372,09 долларов.

Обратите внимание, что в левом углу окна (см. рис. 51.3) появились кнопки с числами 1, 2 и 3. Если нажать кнопку с наибольшим числом (в данном случае 3), то на листе останутся и данные, и итоги. Если нажать кнопку 2, то появятся промежуточные итоги по регионам, как на рис. 51.4. Если нажать кнопку 1, то появится общий итог, как на рис. 51.5. Таким образом, меньшее число соответствует меньшему уровню детализации.

### **Каким образом можно получить разбивку продаж по торговым представителям в каждом регионе?**

При необходимости можно представить итоги во вложенном виде. Другими словами, можно получить разбивку продаж по каждому торговому представителю в каждом регионе или даже разбивку по количествам проданных продуктов для каждого торгового представителя в каждом регионе. (См. файл *Nestedsubtotals.xlsx*.) Для демонстрации вложенных промежуточных итогов создадим разбивку продаж по каждому торговому представителю в каждом регионе.



1	2	3	A	B	C	D	E	F	G	
	·	446	1849	Zaret	29.07.2005	lip gloss	12	\$	37,85	east
	·	447	1853	Cici	23.04.2004	lip gloss	87	\$	262,81	east
	·	448	1855	Emilee	18.07.2005	lip gloss	50	\$	152,13	east
	·	449	1860	Emilee	11.08.2004	lip gloss	-9	\$	(24,76)	east
	·	450	1863	Zaret	06.03.2006	eye liner	73	\$	220,67	east
	·	451	1867	Cristina	18.08.2006	mascara	73	\$	220,77	east
	·	452	1869	Betsy	03.10.2005	lipstick	18	\$	56,08	east
	·	453	1877	Cici	13.09.2004	eye liner	66	\$	199,36	east
	·	454	1881	Emilee	03.10.2005	foundation	0	\$	2,66	east
	·	455	1883	Betsy	20.07.2004	lip gloss	-6	\$	(15,74)	east
	·	456	1890	Cici	15.06.2005	foundation	16	\$	49,75	east
	·	457	1891	Betsy	10.04.2005	foundation	39	\$	119,19	east
	·	458	1894	Colleen	15.05.2004	lip gloss	60	\$	181,87	east
	·	459	1895	Emilee	27.11.2005	eye liner	15	\$	47,16	east
	·	460	1896	Ashley	14.02.2005	foundation	36	\$	109,84	east
	—	461					18818	\$	57 372,09	east Итого
	·	462	2	Hallagan	10.03.2004	foundation	50	\$	152,01	midwest
	·	463	3	Ashley	25.02.2005	lipstick	9	\$	28,72	midwest
	·	464	5	Zaret	17.06.2004	lip gloss	43	\$	130,60	midwest
	·	465	6	Colleen	27.11.2005	eye liner	58	\$	175,99	midwest
	·	466	7	Cristina	21.03.2004	eye liner	8	\$	25,80	midwest
	·	467	8	Colleen	17.12.2006	lip gloss	72	\$	217,84	midwest
	·	468	18	Jen	31.08.2005	lip gloss	88	\$	265,19	midwest

Рис. 51.3. Промежуточные итоги для региона east

	E	F	G
4	Количество	Сумма	Регион
461	18818	\$ 57 372,09	east Итого
886	17985	\$ 54 805,41	midwest Итого
1408	21083	\$ 64 296,35	south Итого
1899	20821	\$ 63 438,82	west Итого
1900	78707	\$ 239 912,67	Общий итог

Рис. 51.4. При создании промежуточных итогов добавляются кнопки для отображения различных уровней детализации итогов

	E	F	G
4	Количество	Сумма	Регион
1900	78707	\$ 239 912,67	Общий итог

Рис. 51.5. Общий итог без детализации

Прежде всего, следует отсортировать данные сначала по столбцу **Регион**, затем по столбцу **Имя**. Получится разбивка для каждого торгового представителя по количеству проданных единиц продукции и по выручке в пределах каждого региона. Если отсортировать сначала по столбцу **Имя**, а затем по столбцу **Регион**, получится разбивка по количеству проданных единиц продукции и по выручке для каждого торгового представителя по регионам. После сортировки данных выполните действия, аналогичные описанным ранее, и создайте промежуточные итоги по регионам. Снова выберите инструмент **Промежуточный итог** (Subtotal) и заполните данными диалоговое окно, как показано на рис. 51.6.

Теперь необходима разбивка по столбцу **Имя**. Снимите флажок **Заменить текущие итоги** (Replace current subtotals) для гарантии того, что разбивка по регионам не

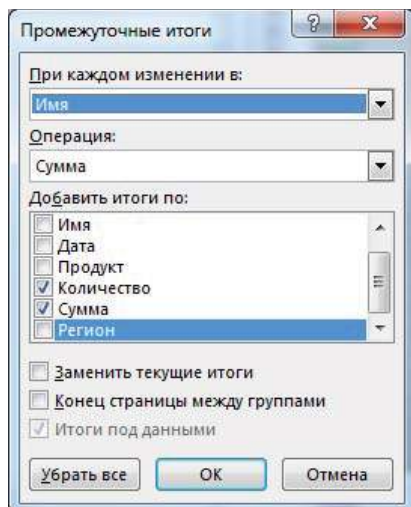


Рис. 51.6. Создание вложенных промежуточных итогов

	A	B	C	D	E	F	G
4	Номер сделки	Имя	Дата	Продукт	Количество	Сумма	Регион
56		Ashley Total			2558	\$ 7 772,70	
122		Betsy Total			2879	\$ 8 767,43	
173		Cici Total			1951	\$ 5 956,32	
220		Colleen Total			1874	\$ 5 713,07	
261		Cristina Total			1348	\$ 4 126,27	
312		Emilee Total			2064	\$ 6 295,47	
355		Hallagan Total			1626	\$ 4 965,62	
409		Jen Total			2282	\$ 6 949,21	
469		Zaret Total			2236	\$ 6 826,00	
470					18818	\$ 57 372,09	east Total
511		Ashley Total			1635	\$ 4 985,90	
555		Betsy Total			1598	\$ 4 878,09	
616		Cici Total			2671	\$ 8 129,62	
670		Colleen Total			2159	\$ 6 586,14	
721		Cristina Total			1923	\$ 5 870,03	
766		Emilee Total			1852	\$ 5 642,20	
809		Hallagan Total			2431	\$ 7 378,32	
862		Jen Total			2092	\$ 6 381,32	
903		Zaret Total			1624	\$ 4 953,80	
904					17985	\$ 54 805,41	midwest Total

Рис. 51.7. Вложенные промежуточные итоги

будет замещена. Как видно из рис. 51.7, теперь появилась разбивка продаж по каждому торговому представителю в каждом регионе.

## Задания

Данные к заданиям находятся в файле Makeupsubtotals.xlsx. С помощью инструмента **Промежуточный итог** (Subtotal) выполните следующие расчеты:

1. Найдите количество проданных единиц продукции и выручку для каждого торгового представителя.

2. Найдите количество сделок по каждому продукту.
3. Найдите самую крупную сделку (с точки зрения выручки) для каждого продукта.
4. Найдите среднюю сумму в долларах для сделки по регионам.
5. Покажите разбивку проданных единиц продукции и выручки для каждого торгового представителя, которая представляла бы результаты для каждого продукта по регионам.

# Приемы работы с диаграммами

### Обсуждаемые вопросы

- ◆ Как создать комбинированную диаграмму?
- ◆ Как создать вспомогательную ось?
- ◆ Как обработать недостающие данные?
- ◆ Как показать скрытые данные на диаграмме?
- ◆ Как с помощью картинок сделать гистограмму интереснее?
- ◆ Данные о ежегодных продажах представлены в виде гистограммы, но годы как метки столбиков на ней не отображаются. Что сделано неправильно?
- ◆ Как включить метки данных и таблицу данных в диаграмму?
- ◆ Как в Microsoft Excel 2013 поместить в диаграмму метки данных на основе содержимого ячеек?
- ◆ Как отследить эффективность работы менеджеров по продажам за определенный период?
- ◆ Как создать ленточную диаграмму для проверки приемлемости уровня запасов?
- ◆ Как сохранить диаграмму в качестве шаблона?
- ◆ Как с помощью диаграммы "термометр" изобразить соответствие достижений целям?
- ◆ Как создать на диаграмме динамические метки?
- ◆ Как с помощью флажков указать, какие ряды данных требуется представить на диаграмме?
- ◆ Как с помощью списка обеспечить выбор ряда данных для представления на диаграмме?
- ◆ Как создать диаграмму Ганта?
- ◆ Как создать диаграмму на основе отсортированных данных?
- ◆ Как создать гистограмму, которая при включении новых данных обновлялась бы автоматически?
- ◆ Как добавить условные цвета в диаграмму?
- ◆ Как с помощью диаграммы "водопад" отследить приближение объемов продаж к плану или разложить компоненты продажной цены?

- ◆ Как с помощью функции `ПОЛУЧИТЬ.ДААННЫЕ.СВОДНОЙ.ТАБЛИЦЫ` и таблицы Excel создать динамические информационные панели?
- ◆ Как создать диаграмму Парето?
- ◆ Как вставить в диаграмму вертикальную линию для разделения производительности до и после слияния?
- ◆ Как с помощью лепестковой диаграммы представить отличие баскетболистов в силе, скорости и прыгучести?
- ◆ Известно, что изменение двух переменных можно представить с помощью точечной диаграммы. А как представить изменение трех переменных с помощью пузырьковой диаграммы?

Древняя китайская поговорка гласит: "Одна картина стоит тысячи слов". В Excel можно создавать удивительные диаграммы, и в данной главе собрано множество советов и рекомендаций по их составлению. Только следует помнить, что в этой сфере в Microsoft Excel 2013 произошли значительные изменения по сравнению с предыдущими версиями.

## Ответы на вопросы

---

В этом разделе приведены ответы на вопросы, перечисленные в начале главы.

### Как создать комбинированную диаграмму?

В файле `Combinationstemp.xlsx` содержатся данные о фактических и плановых продажах с января по июль. Требуется создать диаграмму, показывающую фактические и плановые продажи за каждый месяц. Сначала выделите диапазон `F5:H12` и на вкладке **ВСТАВКА** (INSERT) в списке **Вставить гистограмму** (Column Charts) выберите первую 2D-гистограмму (с группировкой) — рис. 52.1. Наличие двух столбиков затрудняет восприятие различия между фактическими и плановыми продажами, поэтому здесь предпочтительнее использовать комбинированную диаграмму, в которой один ряд данных представлен в виде линии, а другой — в виде столбиков. Для создания такой диаграммы щелкните правой кнопкой мыши по любому ряду и выберите **Изменить тип диаграммы для ряда** (Change Chart Type). Выберите **Комбинированная** (Combo), новый тип в Microsoft Excel 2013, и затем — первый вариант (**Гистограмма с группировкой и график**), как на рис. 52.2. Появится комбинированная диаграмма (рис. 52.3).

### Как создать вспомогательную ось?

При составлении диаграммы для двух величин с различной амплитудой часто применяется вспомогательная ось, призванная повысить наглядность диаграммы. Для примера рассмотрим рис. 52.6 (см. файл `Secondaryaxis.xlsx`), на котором показаны ежемесячная выручка и количество проданных единиц продукции. Если представить эти данные на единственной оси *y*, значения ежемесячной выручки будут едва различимы. Для решения этой проблемы сначала выделите диапазон `D7:F16`, на основе которого будет создана диаграмма. На вкладке **ВСТАВКА** (INSERT)

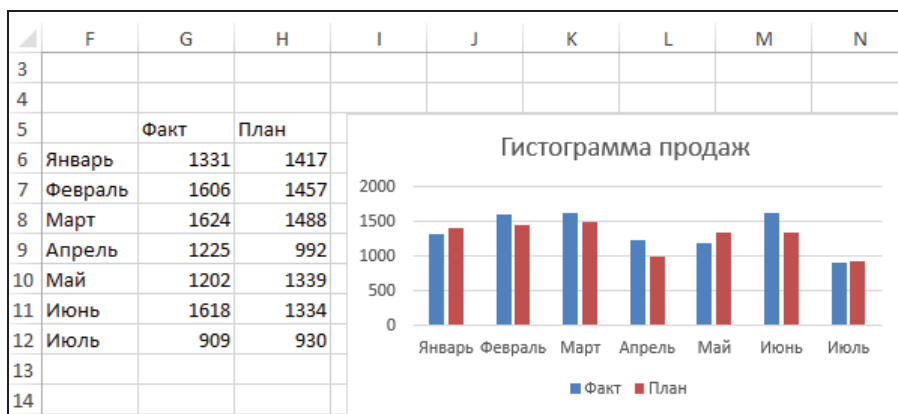


Рис. 52.1. Гистограмма фактических и плановых продаж

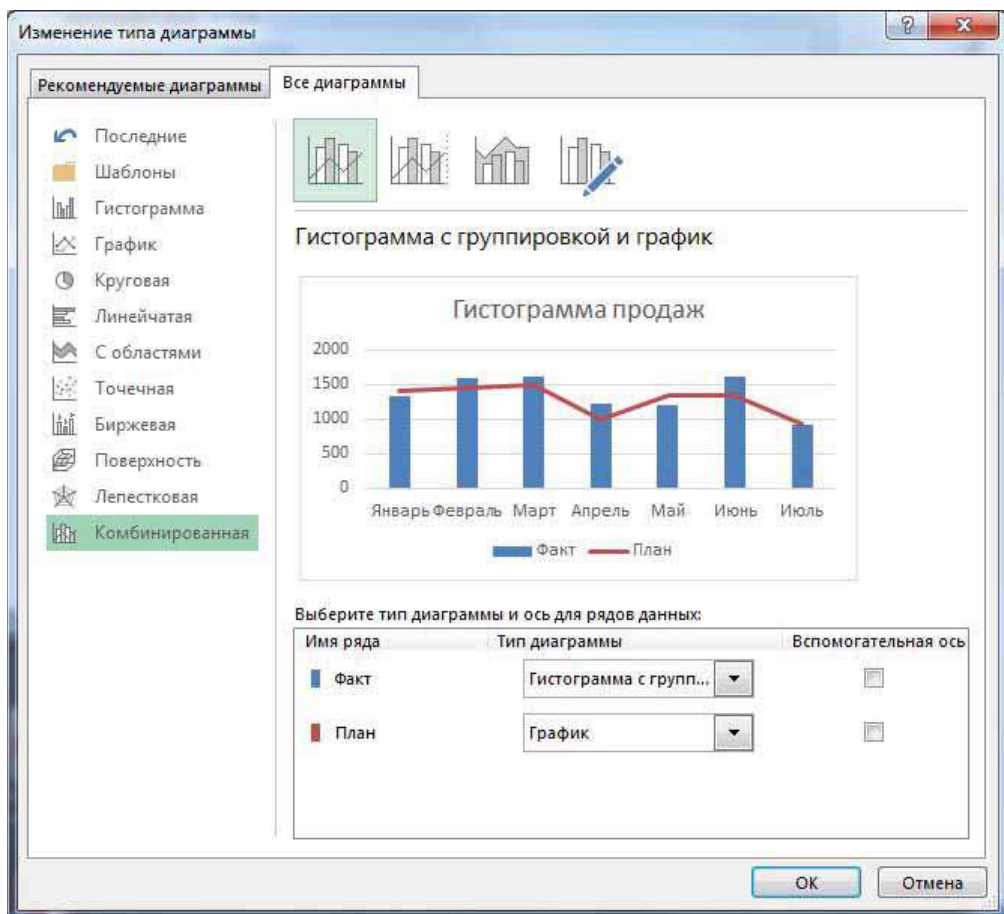


Рис. 52.2. Выбор комбинированной диаграммы

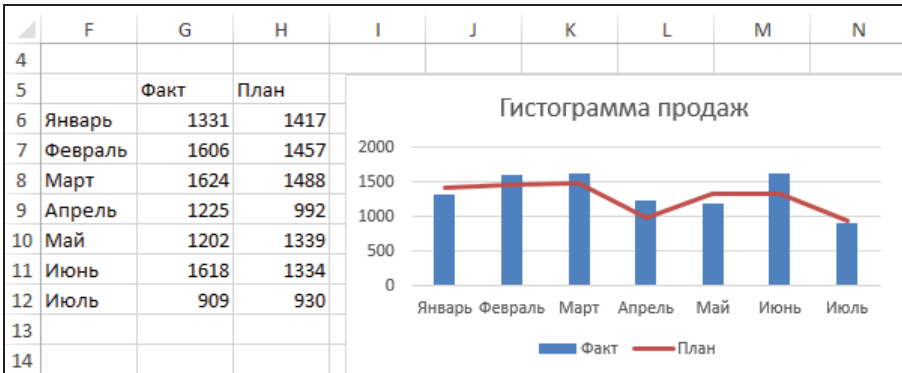


Рис. 52.3. Комбинированная диаграмма

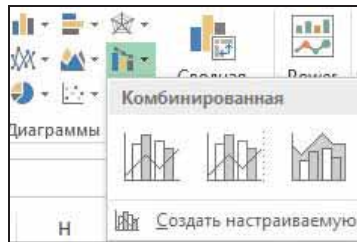


Рис. 52.4. Значок Вставить комбинированную диаграмму

щелкните по значку **Вставить комбинированную диаграмму** (Combo Chart) — рис. 52.4.

В раскрывающемся списке выберите **Создать настраиваемую комбинированную диаграмму** (Create Custom Combo Chart) и заполните данное диалоговое окно, как показано на рис. 52.5.

В результирующей диаграмме итог по выручке подводится на вспомогательной оси (на вертикальной оси справа) в виде графика. Как видно из рис. 52.6, ежемесячная выручка и количество проданных единиц продукции изменяются практически синхронно.

### Как обработать недостающие данные?

Нередко случается так, что в некоторых строках таблицы данные отсутствуют. Excel предоставляет три способа составления диаграмм с недостающими данными:

- ◆ обработка данных как нулевых значений;
- ◆ обработка данных как пустых значений (пропуски);
- ◆ замена недостающей точки данных линией, соединяющей соседние точки данных.

Для примера рассмотрим файл Missingdata.xlsx, содержащий почасовые значения температуры, часть из которых отсутствует. После представления данных в виде графика щелкните правой кнопкой мыши на графике и выберите команду **Выбрать данные** (Select Data). В появившемся диалоговом окне нажмите кнопку **Скрытые**

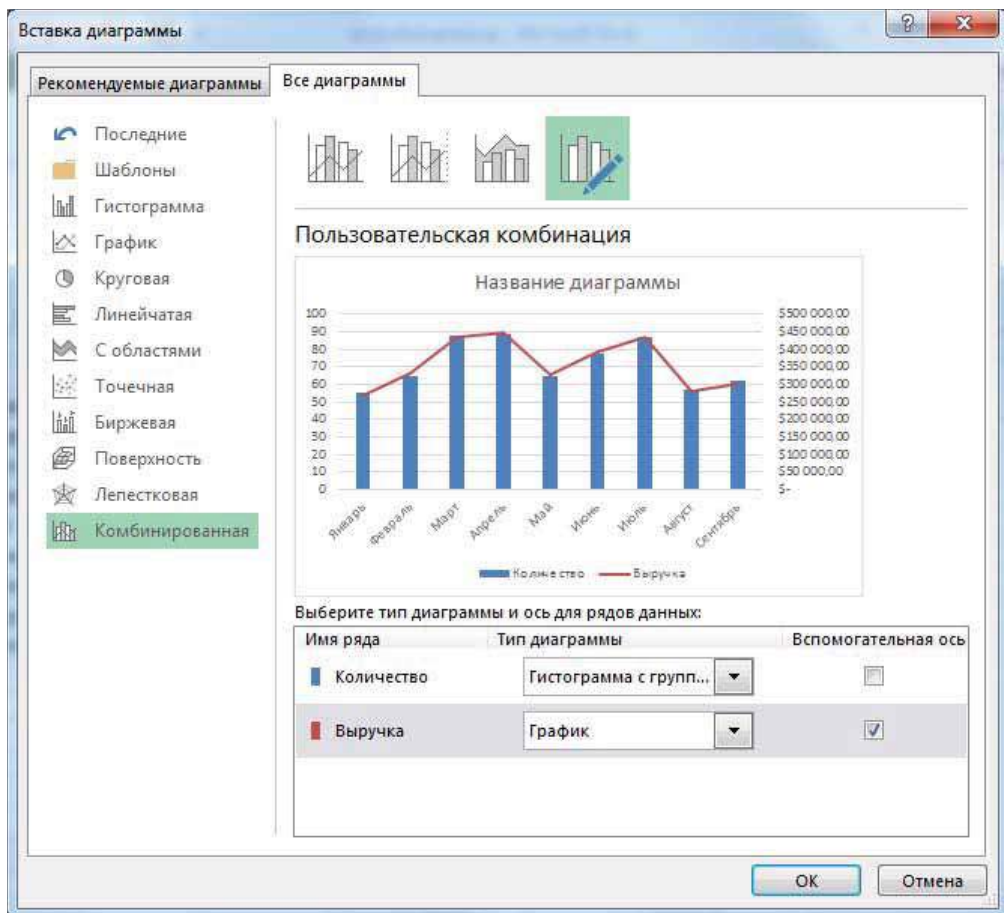


Рис. 52.5. Создание комбинированной диаграммы со вспомогательной осью



Рис. 52.6. Итог по выручке на вспомогательной оси



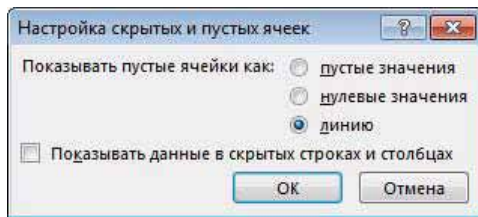


Рис. 52.7. Диалоговое окно **Настройка скрытых и пустых ячеек**

**и пустые ячейки.** Откроется диалоговое окно **Настройка скрытых и пустых ячеек** (Hidden and Empty Cell Settings), показанное на рис. 52.7.

Установите переключатель **Показывать пустые ячейки как** в положение **линию** (Connect data points with line) и нажмите соответствующие кнопки **ОК**. Затем с помощью контекстного меню измените тип диаграммы и выберите **График с маркерами** (Line Graph with Dots and Lines). Получившийся график представлен на рис. 52.8. На нем легко отличить недостающие данные, поскольку для них маркеры отсутствуют.



Рис. 52.8. Недостающие данные заменены линиями

### Как показать скрытые данные на диаграмме?

Довольно часто приходится создавать диаграммы для ежедневных продаж и фильтровать данные в таблице. В такой ситуации в Excel предоставляется выбор либо

продолжать показывать все данные на диаграмме или показывать только отфильтрованные данные. В файле Hidden.xlsx находятся данные о ежедневных продажах продукта в течение года. Данные, представленные в виде графика, показаны на рис. 52.9. Если щелкнуть по графику правой кнопкой мыши и, добравшись до окна **Настройка скрытых и пустых ячеек** (Hidden and Empty Cell Settings), показанного на рис. 52.7, установить флажок **Показывать данные в скрытых строках и столбцах** (Show data in hidden rows and columns), на диаграмме будут представлены все точки данных даже после фильтрации данных. Например, на рис. 52.10 данные отфильтрованы для показа только декабрьских продаж, но на графике по-прежнему представлены ежедневные продажи за весь год. Если флажок **Показывать данные в скрытых строках и столбцах** не установлен, на диаграмме будут видны только декабрьские продажи.

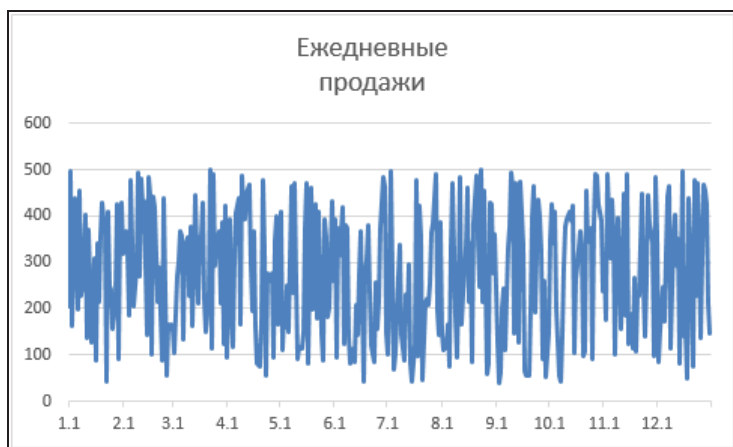


Рис. 52.9. Диаграмма ежедневных продаж продукта

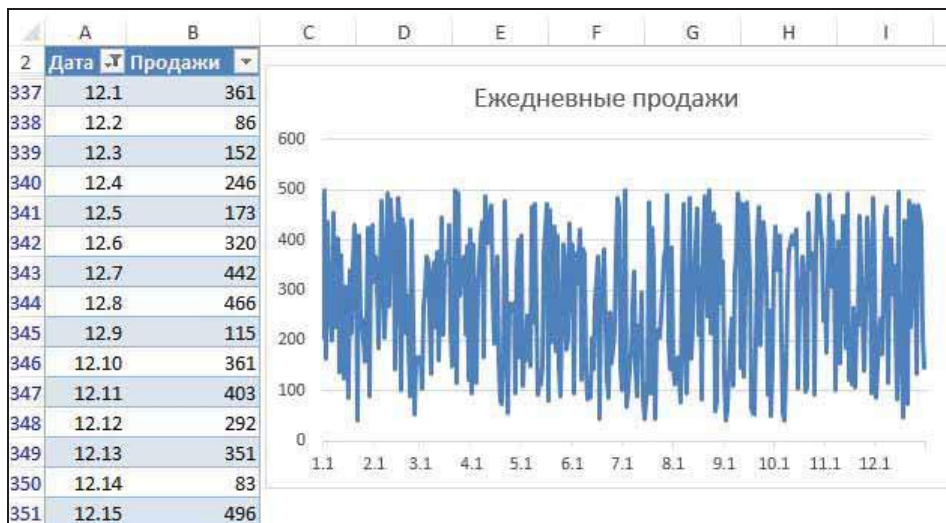


Рис. 52.10. Данные отфильтрованы, а точки на диаграмме нет

## Как с помощью картинок сделать гистограмму интереснее?

Как правило, амплитуда продаж продукта выражается скучными столбцами или полосами, где высота столбцов или ширина полос пропорциональна продажам продукта. Возможно, стоило бы представить продажи продукта с помощью картинки с продуктом, масштабированной пропорционально фактическим продажам? Для иллюстрации этой идеи рассмотрим данные в файле Picturegraph.xlsx и диаграмму на рис. 52.11.



Рис. 52.11. Объемы продаж газированной воды в виде бутылок с газированной водой

В этом примере предполагается, что компания продает газированные напитки, поэтому требуется представить ежемесячные продажи с помощью бутылок с газированной водой, размер которых отражает амплитуду ежемесячных продаж. Сначала выделите диапазон  $C5:D8$  и на вкладке **ВСТАВКА** (INSERT) в списке **Вставить гистограмму** (Column Charts) выберите первую 2D-гистограмму (с группировкой). Затем щелкните правой кнопкой мыши по любому столбчику и наведите курсор на **Формат ряда данных** (Format Data Series). Выберите **Заливка** (Fill) и затем **Рисунок** (Picture). Откроется диалоговое окно, представленное на рис. 52.12. Выберите *soda* и нажмите клавишу <Enter>. Появится множество картинок с газированной водой. Выберите требуемую бутылку газированной воды и нажмите кнопку **Вставить** (Insert). Картинка будет вставлена в диаграмму (см. рис. 52.11). Высота бутылок пропорциональна фактическим продажам.

**Данные о ежегодных продажах представлены в виде гистограммы, но годы как метки столбиков на ней не отображаются. Что сделано неправильно?**

В файле Categorylabel.xlsx содержатся данные о ежегодных продажах продукта за 2007—2010 гг. В гистограмме, созданной с диапазоном  $D5:E9$  в качестве исходных данных, на оси  $x$  годы не указаны, поскольку в Excel предполагается, что эти значения должны обрабатываться как ряд данных. Если метку категории Год в левом

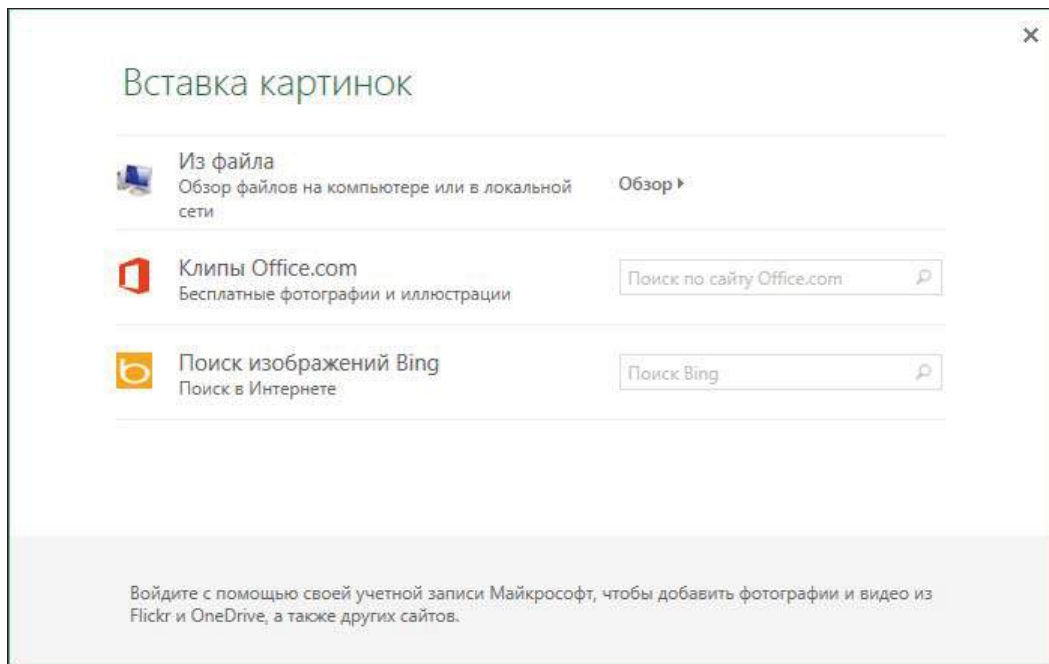


Рис. 52.12. Диалоговое окно Вставка картинок

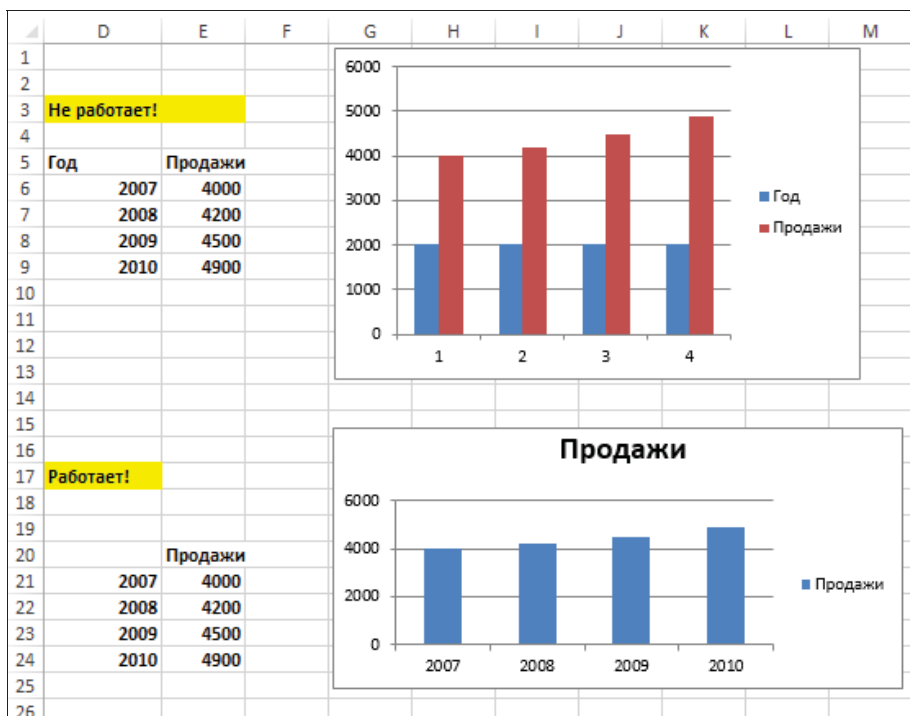


Рис. 52.13. Отсутствие метки позволяет придать гистограмме требуемый вид

верхнем углу исходного диапазона опустить и выбрать в качестве данных для гистограммы диапазон D20:E24, то на гистограмме появится ось *x*, на которой указаны годы (рис. 52.13).

### Как включить метки данных и таблицу данных в диаграмму?

Часто требуется вставить метки данных рядом со столбиками или полосами или даже показать таблицу данных под диаграммой. Рассмотрим этот процесс на примере в файле *Labelsandtables.xlsx*. В этом файле хранятся продажи за текущий месяц по четырем категориям продуктов. Сначала создадим на основе этих данных гистограмму и поместим метки, содержащие имена продуктов и фактические продажи, над столбиками. Для этого создайте обычную гистограмму, затем выберите столбик с данными на гистограмме и щелкните знак + справа от области гистограммы. Выберите **Подписи данных** (Data Labels), затем **Дополнительные параметры** (More Options) и установите флажок **Параметры подписи** (Label Options). Теперь укажите параметры, как на рис. 52.14.

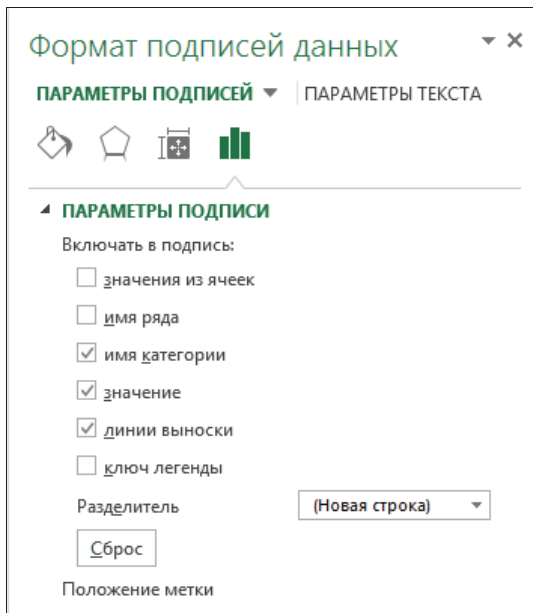


Рис. 52.14. Параметры для показа имен категорий и объемов продаж на отдельных строках

Появится диаграмма, представленная на рис. 52.15, в которой имена категорий и значения для каждого столбика показаны на отдельных строках.

Теперь посмотрим, как поместить таблицу данных, обобщающую продажи, под диаграмму. Просто выделите ось категорий и щелкните знак + справа от диаграммы. После установки флажка **Таблица данных** (Data Tables) диаграмма примет вид, как на рис. 52.16.

Для просмотра дополнительных возможностей щелкните на треугольнике раскрывающегося списка справа от флажка **Таблица данных** (Data Table).



Рис. 52.15. В гистограмму включены имена категорий и объемы продаж



Рис. 52.16. Продажи объединены в таблицу данных

### Как в Microsoft Excel 2013 поместить в диаграмму метки данных на основе содержимого ячеек?

Теперь в Microsoft Excel 2013 можно помещать в диаграммы метки данных непосредственно из ячеек. В качестве примера рассмотрим файл Labelsfromcells.xlsx, представленный на рис. 52.17.

Сначала выделите ячейки H5:I10 и на вкладке **ВСТАВКА** (INSERT) выберите первый вариант для точечной диаграммы. Значок **Точечная диаграмма** (Scatter Plot) расположен рядом со значком круговой диаграммы. Появится точечная диаграмма, как на рис. 52.17, но без меток городов. Для создания меток городов выделите диаграмму, на вкладке **КОНСТРУКТОР** (DESIGN) в раскрывающемся списке **Добавить элемент диаграммы** (Add Chart Element) выберите **Подписи данных** (Data

Labels) и затем **Дополнительные параметры подписей данных** (More Data Label Options). Снимите флажок **значения Y** (Y Value), установите флажок **значения из ячеек** (Value from Cells) и укажите диапазон G6:G10 для вставки меток городов в диаграмму, как показано на рис. 52.17.



Рис. 52.17. Точечная диаграмма с метками из ячеек

## Как отследить эффективность работы менеджеров по продажам за определенный период?

В файле Salestracker.xlsx представлены ежемесячные продажи для каждого сотрудника отдела продаж с января по май (рис. 52.18).

Необходимо с помощью значков (стрелка вверх, стрелка вниз, стрелка вправо) отследить для каждого месяца изменение ранга менеджеров (ранг повысился, понизился, остался на прежнем уровне). Для этой цели можно было бы выбрать набор значков Excel (см. главу 23), но тогда пришлось бы вставлять набор значков для каждого месяца, что является трудоемкой задачей. Гораздо эффективнее (но не так эстетично) создать эти значки путем ввода буквы h для стрелки вверх, i для стрелки вниз и g для стрелки вправо. Если затем изменить шрифт на Wingdings 3, появятся требуемые стрелки, поскольку буквы алфавита в Wingdings 3 соответствуют символам, показанным на рис. 52.19.

Для создания значков, показанных на рис. 52.20, выполните следующие шаги:

1. Скопируйте формулу =РАНГ(E6;E\$6:E\$20;0) из ячейки J6 в ячейки J6:N20 для вычисления ранга продаж каждого менеджера в каждом месяце.
2. Скопируйте формулу =ЕСЛИ(K6<J6;"h";ЕСЛИ(K6>J6;"i";"g")) из ячейки O6 в ячейки O6:R20. В ячейках появится буква h, если ранг менеджера повысился, буква i, если ранг понизился, и буква g, если ранг остался прежним.
3. После изменения в диапазоне O6:R20 шрифта на Wingdings 3 появятся стрелки, как на рис. 52.20.

	D	E	F	G	H	I
1	p	h	вверх			
2	q	i	вниз			
3	u	g	ровно			
4						
5		Январь	Февраль	Март	Апрель	Май
6	Lebron	85	66	81	61	56
7	Wade	82	63	74	78	75
8	Dirk	45	100	115	127	150
9	Manning	75	88	89	76	83
10	Brady	96	90	98	76	93
11	Halliday	75	73	79	91	95
12	Britney	98	91	109	99	84
13	Lindsay	83	84	97	81	98
14	Paris	106	98	84	93	82
15	JLO	104	88	109	101	115
16	Emma	115	94	105	101	107
17	Melo	118	98	128	126	108
18	KD	100	114	104	116	131
19	Vick	112	122	102	124	107
20	Rodgers	127	114	116	139	108

Рис. 52.18. Данные о ежемесячных продажах

	J	K
22	Буква	Wingdings 3
23	a	↔
24	b	↕
25	c	↔
26	d	↕
27	e	↕
28	f	←
29	g	→
30	h	↑
31	i	↓
32	j	↗
33	k	↘
34	l	↙
35	m	↘
36	n	↔
37	o	↕
38	p	▲
39	q	▼
40	r	△
41	s	▽
42	t	◀
43	u	▶
44	v	◁
45	w	▷
46	x	◀
47	y	▶
48	z	◀

Рис. 52.19. Соответствие между буквами и символами Wingdings 3

	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	p	h	вверх												
2	q	i	вниз												
3	u	g	ровно												
4															
5		Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Ранг Январь	Ранг Февраль	Ранг Март	Ранг Апрель	Ранг Май	Тренд Февраль	Тренд Март	Тренд Апрель	Тренд Май
6	Lebron	85	66	81	61	56	10	14	13	15	15	↓	↑	↓	→
7	Wade	82	63	74	78	75	12	15	15	12	14	↓	→	↑	↓
8	Dirk	45	100	115	127	150	15	4	3	2	1	↑	↑	↑	↑
9	Manning	75	88	89	76	83	13	10	11	13	12	↑	↓	↓	↑
10	Brady	96	90	98	76	93	9	9	9	13	10	→	→	↓	↑
11	Halliday	75	73	79	91	95	13	13	14	10	9	→	↓	↑	↑
12	Britney	98	91	109	99	84	8	8	4	8	11	→	↑	↓	↓
13	Lindsay	83	84	97	81	98	11	12	10	11	8	↓	↑	↓	↑
14	Paris	106	98	84	93	82	5	5	12	9	13	→	↓	↑	↓
15	JLO	104	88	109	101	115	6	10	4	6	3	↓	↑	↓	↑
16	Emma	115	94	105	101	107	3	7	6	6	6	↓	↑	→	→
17	Melo	118	98	128	126	108	2	5	1	3	4	↓	↑	↓	↓
18	KD	100	114	104	116	131	7	2	7	5	2	↑	↓	↑	↑
19	Vick	112	122	102	124	107	4	1	8	4	6	↑	↓	↑	↓
20	Rodgers	127	114	116	139	108	1	2	2	1	4	↓	→	↑	↓

Рис. 52.20. Значки для отслеживания изменений эффективности работы менеджеров



Преимущество такого подхода состоит в возможности использования функции ЕСЛИ (IF) для быстрого создания условий, определяющих выбор соответствующего значка.

### Как создать ленточную диаграмму для проверки приемлемости уровня запасов?

Довольно часто требуется отследить количественные величины (запасы, наличные денежные средства, количество аварий) и определить, остается ли отслеживаемая величина в границах между историческим максимумом и минимумом. Мониторинг процесса изменений во времени можно осуществить с помощью ленточной диаграммы. Пример ленточной диаграммы приведен на рис. 52.21. (См. файл Bandchart.xlsx.)

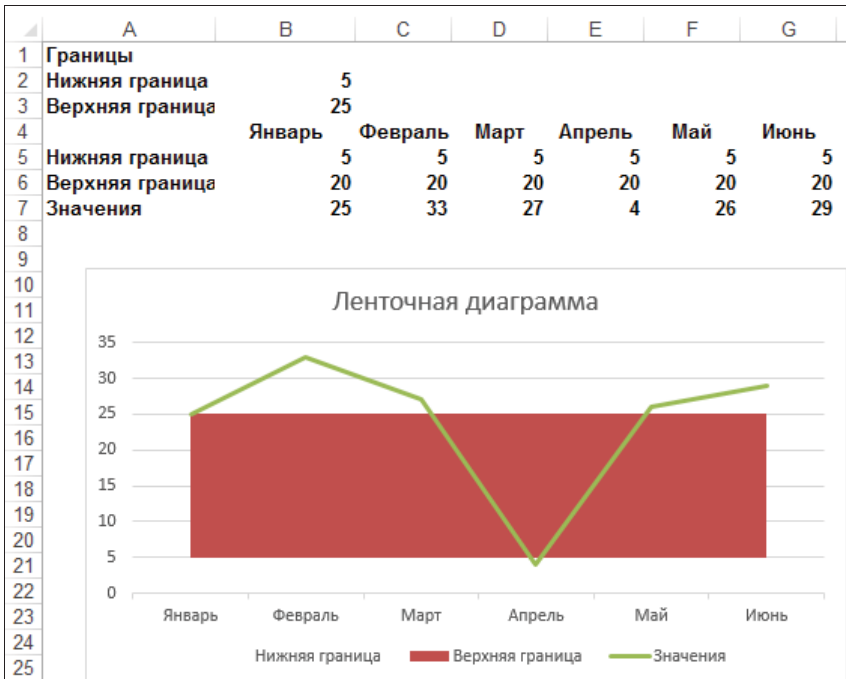


Рис. 52.21. Ленточная диаграмма для отслеживания уровня запасов

Для создания ленточной диаграммы выполните следующие шаги:

1. Введите нижнюю границу запаса (5) в ячейку B2 и верхнюю границу (25) в ячейку B3.
2. В строке 5 введите нижнюю границу для каждого месяца путем копирования формулы  $=B\$2$  из B5 в C5:G5.
3. Скопируйте формулу  $=B\$3-B\$2$  из B6 в C6:G6 для вычисления разницы между верхней и нижней границами. Назовем эту строку Верхняя граница, поскольку при построении диаграммы именно эта строка будет использоваться для создания линии, представляющей верхнюю границу запаса в 25 единиц.

4. Выделите диапазон B5:G7 и на вкладке **ВСТАВКА** (INSERT) в группе **Диаграммы** (Chart) выберите диаграмму **С областями и накоплением** (Stacked Area Chart), это второй вариант среди 2D-диаграмм с областями.
5. Выделите на диаграмме ряд **Значения**, щелкните правой кнопкой мыши, выберите в контекстном меню **Изменить тип диаграммы** (Chart Change Type) и выберите **График**, первый вариант.
6. Добавьте вспомогательную ось к ряду **Значения** и затем удалите ее.
7. Щелкните правой кнопкой мыши по ряду **Нижняя граница** на диаграмме и выберите **Заливка** (Fill). В меню **Заливка** (Fill) выберите **Нет заливки** (No Fill).

Полученная ленточная диаграмма показывает наличие трудностей с поддержанием уровня запасов между требуемыми верхней и нижней границами.

### Как сохранить диаграмму в качестве шаблона?

Только что была создана прекрасная ленточная диаграмма. Не стоит полагать, что каждый раз при создании ленточной диаграммы необходимо повторять описанные выше шаги. Это не тот случай. Можно сохранить ленточную (или любую другую) диаграмму как шаблон и изменить настройки диаграммы в любое время. В качестве примера откройте файл Bandchart.xlsx, щелкните правой кнопкой мыши по диаграмме, выберите **Сохранить как шаблон** (Save As Template) и присвойте диаграмме любое имя (например, Band). Предположим теперь, что потребовалось создать ленточную диаграмму для месяцев с января по март. Выделите диапазон данных A4:D7 и на вкладке **ВСТАВКА** (INSERT) в группе **Диаграммы** (Chart) щелкните по стрелке в правом нижнем углу. На вкладке **Все диаграммы** (All Charts) выберите **Шаблоны** (Templates). Найдите требуемый шаблон диаграммы, нажмите кнопку **ОК**, и дело сделано!

### Как с помощью диаграммы "термометр" изобразить соответствие достижений целям?

Диаграмма "термометр" показывает фактические значения таких величин, как выручка, в столбике, отображающем плановое значение. Результирующая диаграмма (на рис. 52.22 и в файле Thermometer.xlsx) напоминает термометр, отсюда и идет ее название.

Для создания диаграммы "термометр" выполните следующие шаги:

1. Выделите диапазон A1:H3 и на вкладке **ВСТАВКА** (INSERT) в группе **Диаграммы** (Chart) выберите 2D-диаграмму **Гистограмма с группировкой** (Clustered Column).
2. Выделите ряд **Выручка** на диаграмме, затем щелкните правой кнопкой мыши и выберите команду **Формат ряда данных** (Format Data Series). Добавьте вспомогательную ось и затем удалите ее.
3. Выделите ряд **Выручка**, еще раз щелкните правой кнопкой мыши и выберите команду **Формат ряда данных** (Format Data Series). Установите в поле **Перекрытие рядов** (Overlap) значение 0% и в поле **Боковой зазор** (Gap Width) значение 48%.

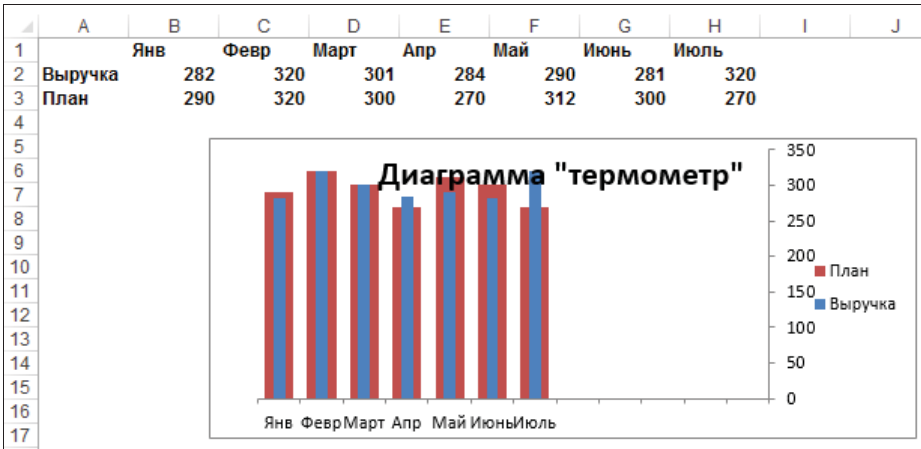


Рис. 52.22. Диаграмма "термометр"

- Выделите ряд План, щелкните правой кнопкой мыши и выберите **Формат ряда данных** (Format Data Series). Установите в поле **Перекрывтие рядов** (Overlap) значение 0% и в поле **Боковой зазор** (Gap Width) значение 261%.
- Теперь диаграмма выглядит, как на рис. 52.22. При необходимости ширину бокового зазора можно отрегулировать. Уменьшение бокового зазора для ряда План, например, приводит к расширению красных столбиков; увеличение бокового зазора для ряда Выручка приводит к сужению синих столбиков.

### Как создать на диаграмме динамические метки?

Вероятно, многим приходилось сталкиваться с книгами, содержащими диаграммы, в которых при изменении входных данных метки на диаграммах не менялись. Такая ситуация часто приводит к путанице. Рассмотрим, как связать метки рядов и названия диаграммы с ячейками на листе. (См. файл DynamicLabels.xlsx и рис. 52.23.) Предположим, что требуется создать диаграмму для прогнозируемого ВВП в США и Китае. Название диаграммы должно содержать год, на который Китай догонит США по ВВП, а названия рядов — ежегодные темпы роста для каждой страны. В ячейках C5 и C8 текущие расчетные значения темпов роста — 3% для ВВП США и 10% для ВВП Китая — можно изменить.

Основная идея состоит в связывании названий диаграммы и рядов с ячейками, значения в которых изменяются при изменении темпов роста. Для этого необходимо выполнить следующие шаги:

- Скопируйте формулу =ЕСЛИ(D7>=D4;1;0) из D10 в E10:R10, которая даст в результате 1, если ВВП Китая окажется не меньше ВВП США.
- В ячейке C14 определите год, когда Китай догонит США по ВВП, с помощью формулы =ЕСЛИОШИБКА(ПОИСКПОЗ(1;D10:R10;0);"none"). Обратите внимание, что если Китай никогда не догонит США по ВВП, формула даст в результате "none".
- В ячейке C17 создайте требуемое название диаграммы по формуле =ЕСЛИ(C14="none";"США опережает Китай по ВВП";"Китай догнал США по ВВП на

"&ТЕКСТ(C14;"0")&" году"). Обратите внимание, что если Китай никогда не догонит США по ВВП, то диаграмма будет называться "США опережает Китай по ВВП". В противном случае название диаграммы привязывается к ячейке C14 таким образом, что в него входит год, на который Китай догонит США по ВВП. "0" в функции ТЕКСТ гарантирует, что значение для года будет отформатировано как целое число.

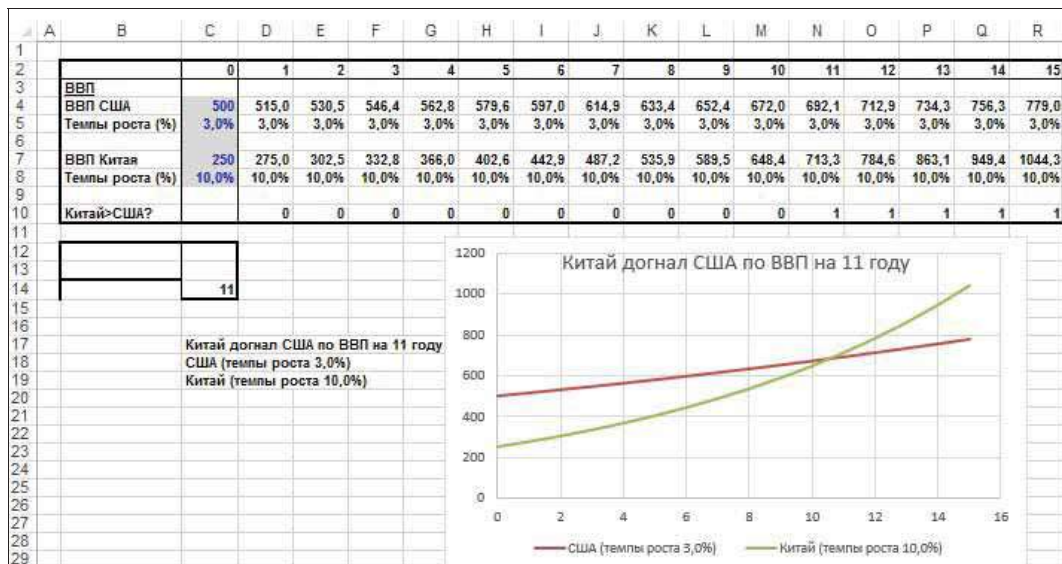


Рис. 52.23. Создание динамических меток

- В ячейке C18 создайте название для ряда данных ВВП США по формуле ="США (темпы роста "&ТЕКСТ(C5;"0,0%")&")". Часть текстовой функции "0,0%" гарантирует, что значение для темпов роста будет отформатировано в процентах.
- В ячейке C19 создайте название для ряда данных ВВП Китая по формуле ="Китай (темпы роста "&ТЕКСТ(C8;"0,0%")&")".
- Теперь все готово для создания диаграммы с динамическими метками.
- Удерживая клавишу <Ctrl>, выделите несмежные диапазоны ячеек C2:R2, C4:R4 и C7:R7 и создайте точечную диаграмму (третий вариант).
- На вкладке **КОНСТРУКТОР** (DESIGN) выберите **Добавить элемент диаграммы** (Add Chart Element) и **Название диаграммы по центру** (Centered Overlay Title). В строке формул введите знак равенства (=), затем выберите ячейку C17 и нажмите клавишу <Enter>. На диаграмме появится название с динамической меткой.
- Выделите ряд данных 1 (ряд ВВП США), щелкните правой кнопкой мыши и выберите **Выбрать данные** (Select Data). Нажмите кнопку **Изменить** (Edit) и заполните диалоговое окно **Изменение ряда** (Edit Series) — рис. 52.24.

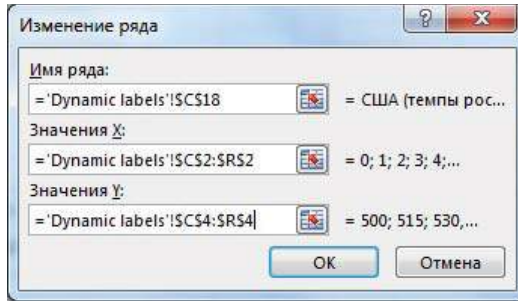


Рис. 52.24. Создание динамической метки ряда

Это связь метки ряда ВВП США с ячейкой C18, в которой содержится значение годовых темпов роста. Аналогичным образом создайте связь метки ряда ВВП Китая с ячейкой C19. Создание диаграммы с динамическими метками завершено.

### Как с помощью флажков указать, какие ряды данных требуется представить на диаграмме?

Напомним, что в *главе 26* было показано, как с помощью флажка переключить в ячейке значение ЛОЖЬ на значение ИСТИНА. Оказывается, что в Excel для ячейки с ошибкой #Н/Д точка на диаграмме не создается. Поэтому если включать в диаграмму какой-либо ряд данных не требуется, просто создайте формулу с функцией ЕСЛИ для записи в этот ряд данных ошибки #Н/Д после того, как с помощью флажка в ячейке установлено значение ЛОЖЬ.

Сначала методами, описанными в *главе 26*, создайте два флажка: один для управления рядом данных 2010, а другой для управления рядом данных 2011 (см. файл *Checkbox.xlsx*). Флажок 2010 управляет содержимым ячейки B1, а флажок 2011 — содержимым ячейки C1. Исходные данные находятся в диапазоне E6:L7. Формула =ЕСЛИ(\$B\$1;F6;НД()), скопированная из ячейки F10 в ячейки F10:L11, дает в результате либо исходные данные соответствующего года, если для этого года флажок установлен, либо ошибку #Н/Д, если для этого года флажок года снят. Теперь выберем диапазон ячеек E9:L11 в качестве исходных данных для построения диаграммы **График с маркерами** (Line With Markers) — рис. 52.25. С помощью флажков можно скрыть или представить на графике данные для соответствующего года.

### Как с помощью списка обеспечить выбор ряда данных для представления на диаграмме?

На листе (см. файл *Listbox.xlsx*) содержатся данные о продажах за 2007—2011 гг. в восточном, западном, южном регионах и на Среднем Западе. Необходимо предложить простой способ управления включением рядов данных в диаграмму. Такой способ выбора рядов данных для диаграммы предоставляет список (см. *главу 26*). Сначала на вкладке **РАЗРАБОТЧИК** (DEVELOPER) в группе **Элементы управления** (Form Controls) в списке **Вставить** (Insert) выберите элемент управления формы **Список** (List Box) — пятый значок в верхнем ряду. Поместите список на лист, щелкните правой кнопкой мыши и выберите **Формат объекта** (Format

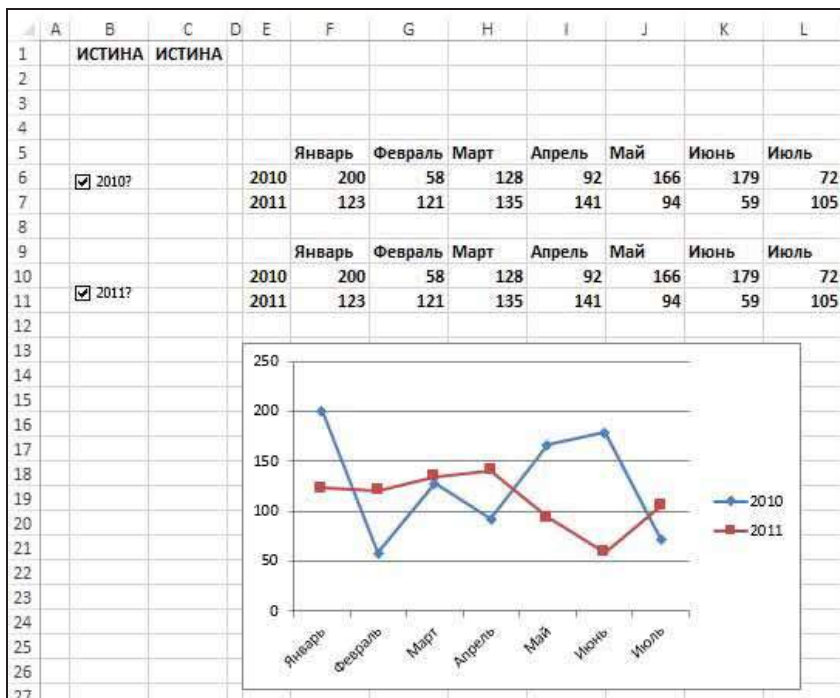


Рис. 52.25. Флажки для управления представлением данных на диаграмме

Control). В поле **Формировать список по диапазону (Input Range)** выберите диапазон  $\$A\$14:\$A\$17$  и в поле **Связь с ячейкой (Cell Link)** ячейку  $\$H\$2$ . Теперь с помощью функции ИНДЕКС можно по содержимому ячейки H2 управлять включением в диаграмму рядов данных.

Скопируйте формулу  $=\text{ИНДЕКС}(\$H\$16:\$K\$21;G7;\$H\$2)$  из I7 в I8:I10 для извлечения соответствующего ряда данных. Например, в списке, показанном на рис. 52.26, выбран восточный регион. В ячейку H2 помещено значение 1. Функция ИНДЕКС возвращает первый столбец данных (столбец H), что и требовалось. Теперь выделите диапазон H7:I11 и создайте точечную диаграмму с гладкими кривыми. Убедитесь, что после выбора региона в списке диаграмма строится на основе соответствующего ряда данных.

### Как создать диаграмму Ганта?

Часто для проекта требуется завершение ряда других проектов. На диаграмме Ганта показывается время начала каждого проекта. На рис. 52.27 (см. файл Gantt.xlsx) представлена диаграмма Ганта для проекта, состоящего из пяти задач. Для создания этой диаграммы необходимо выполнить следующие шаги:

1. Выберите диапазон F3:H8 и создайте 2D-гистограмму с накоплением (второй вариант).
2. Щелкните правой кнопкой мыши по ряду Начало, выберите **Заливка (Fill)** и **Нет заливки (No Fill)**, чтобы скрыть ряд Начало.

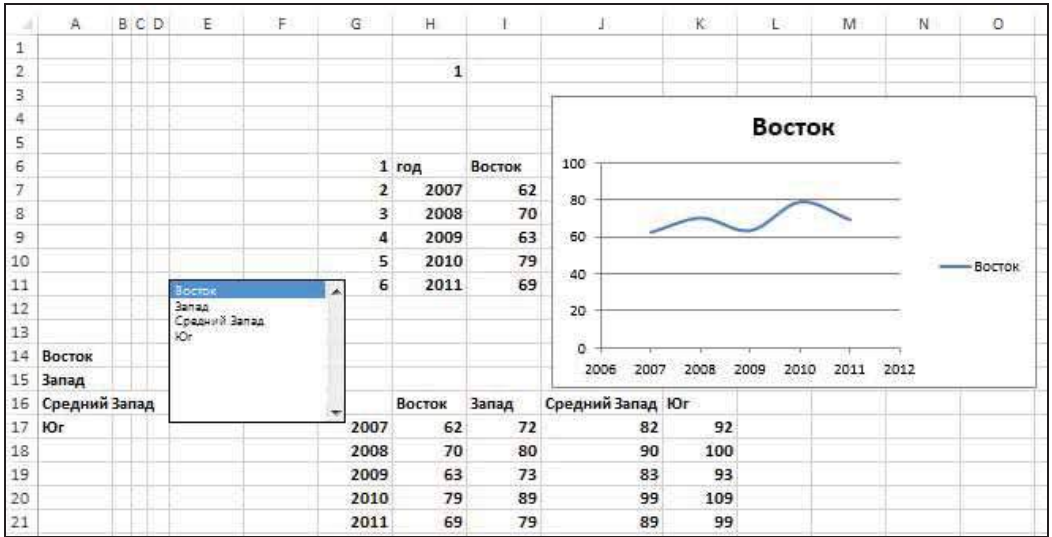


Рис. 52.26. Список для управления включением рядов данных в диаграмму

3. Щелкните правой кнопкой мыши по вертикальной оси и выберите **Формат оси** (Format Axis). Затем установите флажок **Обратный порядок категорий** (Categories In Reverse Order), обеспечивающий Задаче 1 первое место в списке.

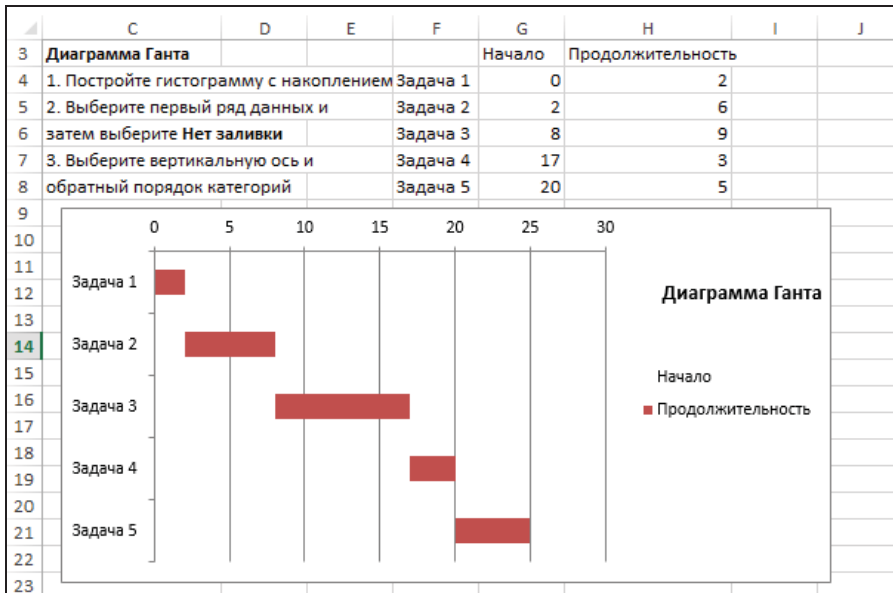


Рис. 52.27. Диаграмма Ганта

### Как создать диаграмму на основе отсортированных данных?

Пусть даны объемы продаж в нескольких штатах (рис. 52.28 и файл Sortedgraphx.xlsx). Требуется построить диаграмму с перечислением штатов в по-

рядке убывания объемов продаж (рис. 52.29). Перед созданием диаграммы необходимо реорганизовать данные в столбцах J—L и отсортировать данные продаж в порядке убывания. Для достижения этой цели выполните следующие шаги:

1. Скопируйте формулу =РАНГ(F9;\$F\$9:\$F\$23;0) из G9 в G10:G22 для вычисления ранга продаж в каждом штате. Например, ранг Нью-Йорка (NY) равен шести. Обратите внимание, что в Кентукки (KY), Алабаме (Ala) и Аризоне (Ari) объемы продаж одинаковые. Для сортировки штатов в порядке убывания продаж необходимо связать с каждым штатом уникальный ранг.
2. Скопируйте формулу =G9+СЧЁТЕСЛИ(\$G\$8:G8;G9) из H9 в H10:H22 для создания уникального ранга каждого штата путем увеличения ранга штата, имеющего связанный ранг, каждый раз, когда встречается связанный ранг.

	E	F	G	H	I	J	K	L
7								
8	Штат	Продажи	Исходный ранг	Уникальный ранг	Ранг	Штат	Продажи	
9	NJ	40	1	1		1 NJ	40	
10	NY	18	6	6		2 Wva	20	
11	Ind	14	10	10		3 Min	19	
12	Cal	15	9	9		4 Mic	19	
13	KY	10	13	13		5 Fla	19	
14	Ari	10	13	14		6 NY	18	
15	Ala	10	13	15		7 Va	17	
16	Min	19	3	3		8 Mo	16	
17	Ill	13	11	11		9 Cal	15	
18	Mic	19	3	4		10 Ind	14	
19	Mo	16	8	8		11 Ill	13	
20	Fla	19	3	5		12 Pa	13	
21	Pa	13	11	12		13 KY	10	
22	Wva	20	2	2		14 Ari	10	
23	Va	17	7	7		15 Ala	10	

Рис. 52.28. Данные продаж для отсортированной диаграммы



Рис. 52.29. Объемы продаж отсортированы в порядке убывания



3. Скопируйте формулу =ИНДЕКС(Е\$9:Е\$23;ПОИСПОЗ(\$J9;\$H\$9:\$H\$23;0);1) из К9 в К9:L23 для сортировки штатов и продаж на основе объемов продаж в обратном порядке.
4. Теперь создайте гистограмму на основе диапазона К9:L23, как на рис. 52.29.

### Как создать гистограмму, которая при включении новых данных обновлялась бы автоматически?

В главе 42 рассматривалось создание гистограммы с помощью пакета анализа. К сожалению, гистограммы, созданные с помощью пакета анализа, при изменении существующих данных или при добавлении новых данных не обновляются. Диаграммы, автоматически подстраивающиеся под изменения в исходных данных, можно быстро создать, преобразовав данные в таблицу Excel. (См. пример в файле *DynamicHistograms.xlsx* и на рис. 52.30.) Столбец E содержит зарплаты игроков НБА в миллионах долларов в сезоне 2003—2004 гг. Сначала выделите диапазон E5:E446 и преобразуйте его в таблицу. Введите бин-диапазоны для гистограммы в ячейки H7:H28. Обратите внимание, что в строке 28 вычисляется количество игроков с зарплатой, превышающей 20 млн долларов. С помощью функции ЧАСТОТА (FREQUENCY) вычислите количество игроков, попадающих в каждый бин-диапазон зарплат. Функция ЧАСТОТА (см. главу 87) является функцией обработки массива. Для использования этой функции сначала необходимо выбрать диапазон, который заполнит функция (в данном случае I7:I28), затем ввести формулу с функцией ЧАСТОТА и нажать клавиши <Ctrl>+<Shift>+<Enter>. После выбора диапазона I7:I28 введите формулу =ЧАСТОТА(E6:E446;H7:H27) и нажмите клавиши <Ctrl>+<Shift>+<Enter>.



Рис. 52.30. Динамическая гистограмма

В ячейке I7 вычисляется количество игроков (0) с зарплатой не больше 0, в ячейке I8 — количество игроков с зарплатой больше 0 и меньше либо равной 1 млн долларов (124), ..., в ячейке I27 — количество игроков с зарплатой больше 19 и меньше либо равной 20 млн долларов (2) и в ячейке I28 — количество игроков с зарплатой больше 20 млн долларов. Для создания динамической гистограммы выберите диапазон ячеек H7:I28 и вставьте гистограмму. В результате появится динамическая гистограмма, обновляемая автоматически согласно изменениям в исходных данных. Для доказательства обновления гистограммы добавьте несколько зарплат в 30 млн долларов. В правой части диаграммы появится новый пик.

### Как добавить условные цвета в диаграмму?

Предположим, что требуется создать диаграмму фактических и плановых продаж для каждого месяца. При этом необходимо выделить месяцы, в которых фактические продажи составили 90% и больше от плановых продаж, синим цветом; месяцы, в которых фактические продажи составили 75% и меньше — зеленым цветом; а остальные месяцы — красным цветом. В файле Cond colors.xlsx (рис. 52.31) показано, как это делается. Хитрость создания такой диаграммы заключается в размещении данных для каждого цвета в отдельной строке. Сначала поместите продажи, которые требуется выделить синим цветом, в строку 19 путем копирования формулы =ЕСЛИ(F13/F14>F15;F13/F14;" ") из F19 в G19:M19. Затем поместите продажи, которые требуется выделить красным цветом, в строку 20, скопировав формулу =ЕСЛИ(И(G13/G14>G16;G13/G14<=G15);G13/G14;" ") из F20 в G20:M20. Наконец, поместите продажи, которые требуется выделить зеленым цветом, в строку 21 путем копирования формулы =ЕСЛИ(И(G13/G14>G16; G13/G14<=G15); G13/G14; " ") из F21 в G21:M21. Теперь выделите диапазон E18:M21 и создайте гистограмму. Если необходимо изменить цвет для какого-либо ряда данных, выделите этот ряд и щелкните по значку кисти справа от диаграммы; щелкните по параметру ЦВЕТ (Color) и затем выберите в палитре требуемый цвет.

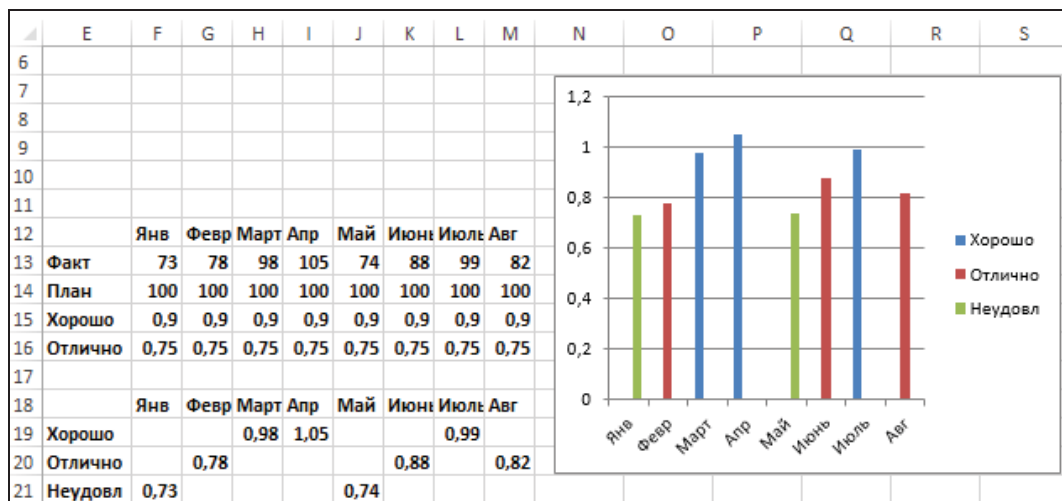


Рис. 52.31. Синий цвет для удачных месяцев, зеленый для неудачных и красный для остальных

## Как с помощью диаграммы "водопад" отследить приближение объемов продаж к плану или разложить компоненты продажной цены?

С помощью диаграммы "водопад", первоначально разработанной консалтинговой компанией McKinsey, часто представляют прогресс в достижении конечной кассовой позиции или разбивку общего дохода компании на составляющие затрат и прибыль. В файле Waterfallcharts.xlsx содержится несколько примеров диаграммы "водопад". На листе All Positive (рис. 52.32) создана диаграмма "водопад" для ситуации, в которой все денежные потоки являются положительными. Диаграмма должна показывать ежемесячный прогресс на пути к цели — к денежному потоку в размере 3270 долларов. После ввода денежных потоков в столбец с необходимо отследить суммарный денежный поток в столбце в. Скопируйте формулу  $=B2+C2$  из  $B3$  в  $B4:B7$  для вычисления суммарного денежного потока в конце каждого месяца. Затем выделите диапазон ячеек  $A1:C7$  и создайте гистограмму с накоплением. Если выделить ряд База и выбрать **Нет заливки** (No Fill), получится диаграмма, показанная на рис. 52.32.



Рис. 52.32. На этой диаграмме все денежные потоки положительные

На рис. 52.33 (см. лист Positive and Negative) показана диаграмма "водопад" при наличии нескольких отрицательных денежных потоков.

После ввода положительных денежных потоков в столбец с и отрицательных денежных потоков в столбец d вычислите общий денежный поток в конце каждого месяца посредством копирования формулы  $=E1+C2-D2$  из  $E2$  в  $E3:E7$ . Затем в столбце в, скопировав формулу  $=E1-D2$  из  $B2$  в  $B3:B7$ , вычислите суммарный денежный поток за последний месяц, скорректированный отрицательным денежным потоком за текущий месяц. После выбора диапазона  $A1:D7$  и создания гистограммы остается только скрыть столбец в на диаграмме. Полученная в результате диаграмма представлена на рис. 52.33.

Следуя методике, примененной на листе Positive and Negative, можно быстро выполнить разбивку дохода компании на составляющие затрат (включая прибыль). См. лист Profitability Waterfall и рис. 52.34.



Рис. 52.33. Диаграмма "водопад" с положительными и отрицательными денежными потоками

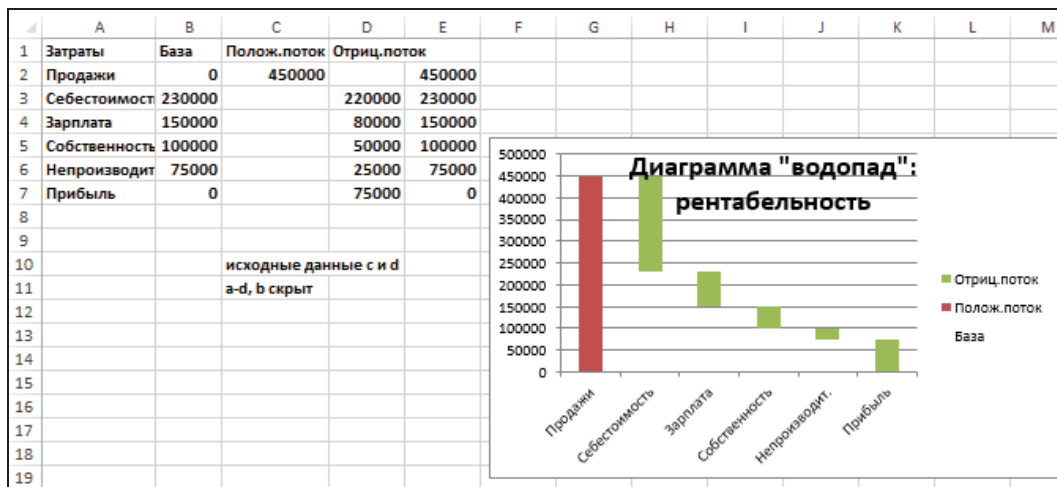


Рис. 52.34. Диаграмма рентабельности

### Как с помощью функции ПОЛУЧИТЬ.ДААННЫЕ.СВОДНОЙ.ТАБЛИЦЫ и таблицы Excel создать динамические информационные панели?

Довольно часто требуется загрузить ежемесячные, ежеквартальные или еженедельные данные о продажах и на их основе создать диаграммы, автоматически обновляющиеся при включении новых данных. Зная функцию Excel ПОЛУЧИТЬ.ДААННЫЕ.СВОДНОЙ.ТАБЛИЦЫ (GETPIVOTDATA) и возможности таблиц Excel (см. главы 43 и 25, соответственно), это можно осуществить относительно просто (см. файл Randy.xlsx). Предположим, что загружаются еженедельные данные о продажах четырех категорий продуктов: Safety, Tape, Command и Abrasives, в четырех магазинах: Menards, Target, Loews и Home Depot. Цель — создать информационную панель, позволяющую быстро составить диаграмму на основе еженедельных данных о продажах в указанном ма-

газине с возможностью включения в диаграмму требуемых категорий продуктов. Как показано на рис. 52.35, данные загружаются в столбцы D—G. Преобразуйте диапазон D4:G243 в таблицу. Это обеспечит автоматическое включение новых данных при обновлении сводной таблицы, основанной на этих данных.

	D	E	F	G
4	Неделя	Категория	Магазин	Выручка
5	3	Abrasives	Loews	2043
6	12	Safety	Menards	2343
7	3	Tape	Home Depot	1414
8	12	Command	Target	1820
9	9	Tape	Home Depot	943
10	7	Tape	Target	1219
11	7	Command	Menards	1156
12	11	Abrasives	Loews	2127
13	12	Safety	Menards	1315
14	3	Tape	Target	1580
15	10	Abrasives	Home Depot	1598
16	4	Command	Loews	1000
17	7	Tape	Menards	1087
18	7	Abrasives	Menards	1728
19	1	Abrasives	Target	1911
20	7	Abrasives	Menards	1563
21	2	Tape	Target	2482
22	7	Safety	Loews	1534
23	12	Safety	Menards	1471
24	2	Abrasives	Loews	990

Рис. 52.35. Данные о продажах для динамических информационных панелей

Для создания сводной таблицы перетащите поле **Неделя** в область **СТРОКИ** (ROWS), поля **Магазин** и **Категория** в область **КОЛОННЫ** (COLUMNS) и поле **Выручка** в область **ЗНАЧЕНИЯ** (VALUES). В сводной таблице (рис. 52.36) обобщены еженедельные данные о продажах по каждой категории продуктов в каждом магазине.

Теперь для извлечения данных, необходимых при создании диаграммы, можно применить функцию `ПОЛУЧИТЬ.ДААННЫЕ.СВОДНОЙ.ТАБЛИЦЫ`. Сначала создайте раскрывающийся список (см. главу 40) в ячейке A8 для выбора магазина. Для каждой категории продуктов создайте флажки (см. главу 26), с помощью которых можно управлять диапазоном A9:AK9. Эти ячейки определяют категории продуктов, появляющиеся в диаграмме. Скопируйте формулу `=ЕСЛИ(АН$9=ЛОЖЬ; НД(); ЕСЛИОШИБКА(ПОЛУЧИТЬ.ДААННЫЕ.СВОДНОЙ.ТАБЛИЦЫ("Выручка"; $I$11; "Неделя"; $AG11; "Категория"; АН$10; "Магазин"; $AG$8); " "))` из A11 в диапазон A11:AK23. Если для какой-либо категории продуктов установлен флажок, формула извлекает еженедельные продажи для этой категории; если флажок не установлен, то в ячейку записывается сообщение об ошибке #Н/Д. Кроме того, если объем продаж равен 0, часть формулы с функцией `ЕСЛИОШИБКА` (IFERROR) обеспечивает запись нулевых продаж. Преобразуйте ячейки A10:AK24 в таблицу для автоматического обновления любой диаграммы, по-

строеной на основе этих данных, в случае включения новых данных. На рис. 52.37 показаны исходные данные для диаграммы, на которой требуется представить данные по продажам продуктов Abrasive, Safety и Tape в магазине Loews.

А теперь награда! Выделите диапазон AG10:AK24 и создайте точечную диаграмму с гладкими кривыми. Готовая диаграмма представлена на рис. 52.38. На этой диа-

	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	
11	Сумма по полю Выручка		Названия столбц									
12	Loews					Loews Итор		Menards			Menards Итор	
13	Названия строк	Abrasives	Command	Safety	Tape		Abrasives	Command	Safety	Tape		
14	1		1247	1065		2312	3772		526	3466	7764	
15	2	2349		4510		6859	6220		3296	2159	11675	
16	3	2797	6335	1233	2046	12411	3472	2369		959	6800	
17	4	1501	1000	3822	1180	7503	6018		2212		8230	
18	5	1940	2945		833	5718	708	597		501	1806	
19	6		6494		1918	8412	4145		6205	4653	15003	
20	7	3049		3228		6277	3291	1156	2303	6472	13222	
21	8	4208		2890	1873	8971	910	3776		1494	6180	
22	9		2825		2052	4877	6265			1888	8153	
23	10	6117			1875	7992				2138	2138	
24	11	2127	2394	1971	4461	10953	3596		1169		4765	
25	12		850	1542	4786	7178	1124	2431	7565	7264	18384	
26	13		1196			1196		3400			3400	
27	14	1455				1455						
28	Общий итог		25543	25286	20261	21024	92114	39521	13729	23276	30994	107520

Рис. 52.36. Сводная таблица еженедельных данных о продажах по категориям продуктов для каждого магазина

	AF	AG	AH	AI	AJ	AK
4	<input checked="" type="checkbox"/> Abrasives	<input type="checkbox"/> Command				
5						
6	<input checked="" type="checkbox"/> Tape	<input checked="" type="checkbox"/> Safety				
7		Магазин				
8		Loews				
9			ИСТИНА	ЛОЖЬ	ИСТИНА	ИСТИНА
10		Неделя	Abrasives	Command	Tape	Safety
11		1	0	#Н/Д	0	1065
12		2	2349	#Н/Д	0	4510
13		3	2797	#Н/Д	2046	1233
14		4	1501	#Н/Д	1180	3822
15		5	1940	#Н/Д	833	0
16		6	0	#Н/Д	1918	0
17		7	3049	#Н/Д	0	3228
18		8	4208	#Н/Д	1873	2890
19		9	0	#Н/Д	2052	0
20		10	6117	#Н/Д	1875	0
21		11	2127	#Н/Д	4461	1971
22		12	0	#Н/Д	4786	1542
23		13	0	#Н/Д	0	0
24		14	1455	#Н/Д	0	0

Рис. 52.37. Исходные данные для диаграммы

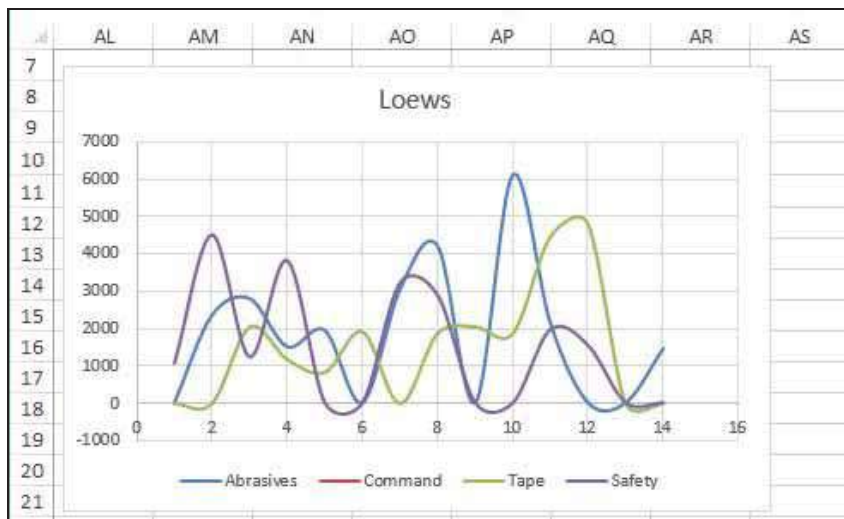


Рис. 52.38. Динамическая информационная панель по продажам в магазине Loews продуктов Abrasives, Tape и Safety

грамме можно показать продажи в любом магазине по любой комбинации категорий продуктов, и она обновляется при загрузке новых данных.

### Как создать диаграмму Парето?

Компании часто представляют проблемы, возникающие у клиентов, с помощью диаграммы Парето. На диаграмме Парето по оси  $x$  представлен список проблем, а по оси  $y$  — доля проблем, связанная с каждой проблемой, и суммарный процент проблем, вызванных перечисленными проблемами. Пример находится в файле Pareto.xlsx (рис. 52.39). Сначала отсортируйте проблемы в порядке убывания на основе количества сообщений о проблеме. Скопируйте формулу  $=E5/СУММ(\$E\$5:\$E\$10)$

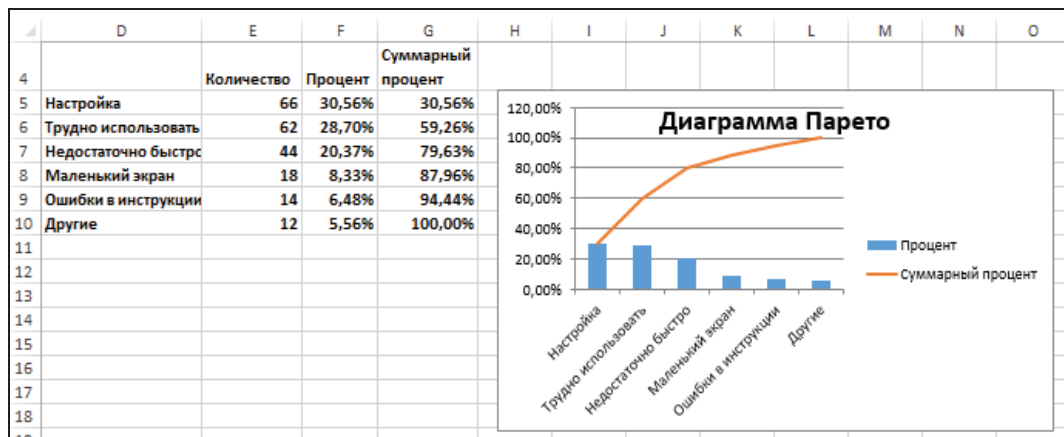


Рис. 52.39. Диаграмма Парето для представления жалоб клиентов

из F5 в F6:F10 для расчета процентной доли каждого типа проблем среди всех проблем. Например, проблемы настройки составляют около 31% от всех проблем. Скопируйте формулу =СУММ(\$F\$5:F5) из G5 в G6:G10 для расчета суммарного процента проблем. Например, первые три типа проблем составляют 80% от всех возникших проблем. После выбора диапазона D4:D10 удерживайте клавишу <Ctrl> и выберите диапазон F4:G10. Для построения диаграммы Парето выберите комбинированную диаграмму с настройками, показанными на рис. 52.40.

Довольно часто диаграммы Парето используются для демонстрации правила 80/20. Правило 80/20 проявляется следующим образом:

- ◆ 20% различных жалоб клиентов вызывается 80% неполадок;
- ◆ 20% людей имеют 80% от общего дохода;
- ◆ 20% продукции создают 80% прибыли;
- ◆ 20% менеджеров по продажам осуществляют 80% продаж.

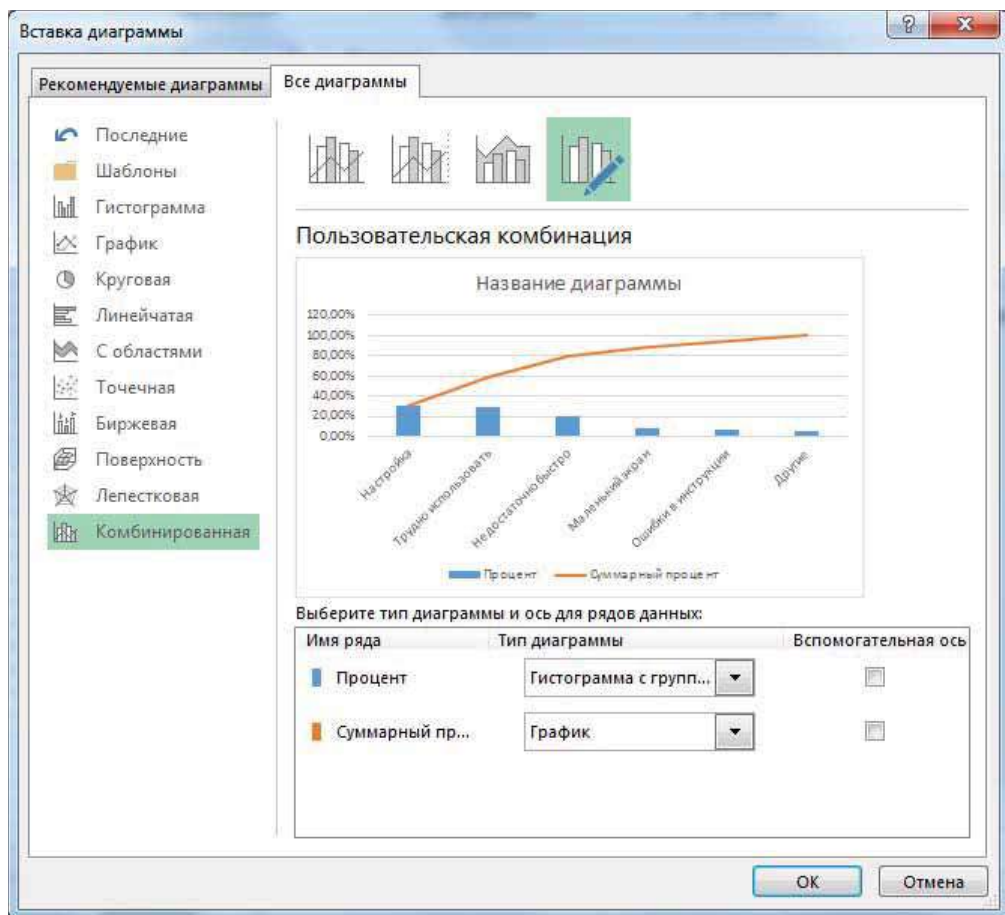


Рис. 52.40. Настройки для диаграммы Парето



## Как вставить в диаграмму вертикальную линию для разделения производительности до и после слияния?

Предположим, что компания была объединена с другой компанией 10 января 2011 г. (См. файл *Verticalline.xlsx* и рис. 52.41.) Требуется составить диаграмму ежедневных продаж. Для обозначения даты слияния в диаграмму необходимо вставить вертикальную линию. Если нарисовать вертикальную линию из набора фигур, то при перемещении диаграммы линия окажется в неправильном месте. Для решения этой проблемы сначала выберите диапазон *E10:F32* и создайте точечную диаграмму с гладкими кривыми (третий вариант). В диапазоне *B15:C16* введите дату слияния, а также верхнюю и нижнюю границы для вертикальной линии по оси *у*. (В данном случае нижняя граница равна 0, а верхняя граница равна 120.) Скопируйте диапазон *B15:C16* и щелкните правой кнопкой мыши в области диаграммы. Щелкните по значку **Вставить** (Paste) для вставки вертикальной линии на дату 10 января.

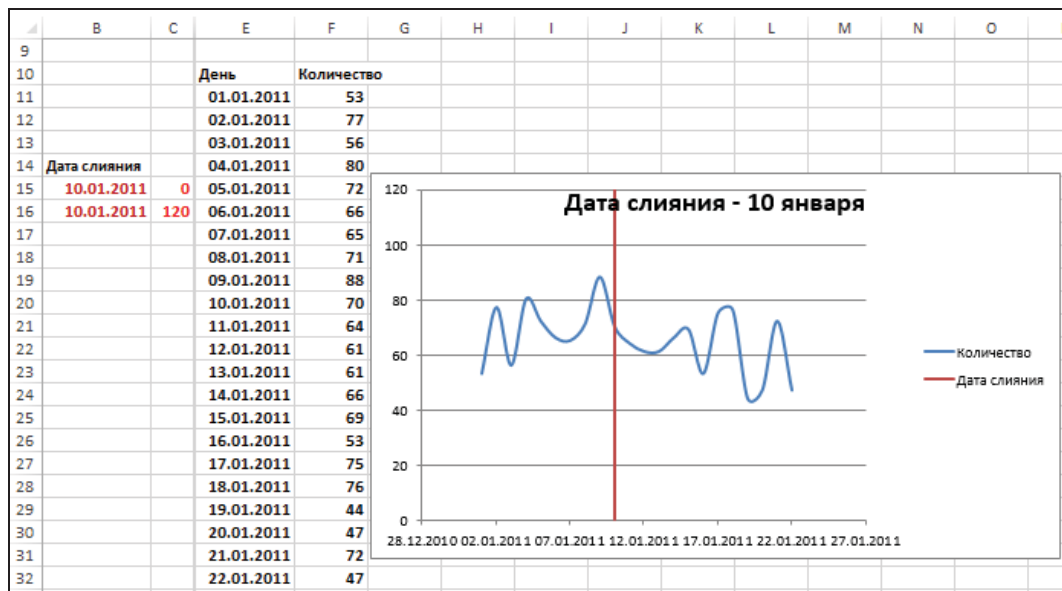


Рис. 52.41. Вертикальная линия указывает дату слияния 10 января 2011 г.

## Как с помощью лепестковой диаграммы представить отличие баскетболистов в силе, скорости и прыгучести?

В файле *Radar.xlsx* (рис. 52.42) находятся данные о силе, скорости и прыгучести четырех спортсменов. Выделите диапазон *C2:F6* и на вкладке **ВСТАВКА** (INSERT) щелкните по значку лепестковой диаграммы (рис. 52.43). В раскрывающемся меню выберите **Лепестковая с маркерами** (Radar Chart with Markers) для получения лепестковой диаграммы, показанной на рис. 52.42. Центр лепестковой диаграммы соответствует показателю 0, и чем дальше маркер от центра, тем лучше показатель.



Рис. 52.42. Лепестковая диаграмма с маркерами



Рис. 52.43. Значок лепестковой диаграммы

Такая диаграмма позволяет быстро определить, например, что Макс по всем показателям уступает Кристиану.

**Известно, что изменение двух переменных можно представить с помощью точечной диаграммы. А как представить изменение трех переменных с помощью пузырьковой диаграммы?**

Точечная диаграмма показывает изменение двух переменных, тогда как пузырьковая диаграмма позволяет визуальнo представить три переменные. Файл Bubble.xlsx (рис. 52.44) содержит для нескольких стран процентную разницу объемов продаж относительно бюджета, а также годовой рост продаж и размер рынка каждой страны. Для представления этих данных на пузырьковой диаграмме выделите диапазон D9:F14, на вкладке **ВСТАВКА** (INSERT) щелкните по стрелке раскрывающегося списка значка **Точечная диаграмма** (Scatter Plot) и выберите **Пузырьковая** (Bubble Chart), первый вариант. После добавления подписей данных (как было описано ранее в этой главе) для каждого пузырька на основе страны (диапазон ячеек C10:C14) и размещения подписей над каждым пузырьком получится диаграмма, как на рис. 52.44. Площади пузырьков пропорциональны размеру рынка каждой страны. Например, площадь пузырька для США в два раза больше, чем площадь пузырька для Китая.

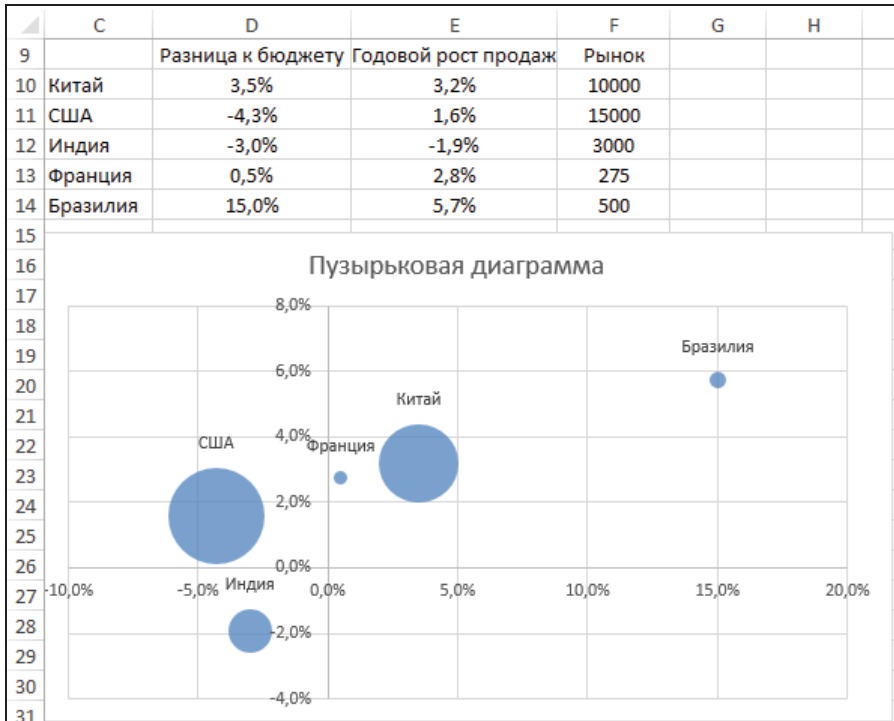


Рис. 52.44. Пузырьковая диаграмма

## Задания

В файле *Cakes.xlsx* содержится количество продавцов и выручка пекарни за каждый месяц. На основе этих данных выполните задания 1—4.

1. Создайте комбинированную диаграмму со вспомогательной осью для количества продавцов и выручки за каждый месяц.
2. Постройте диаграмму ежемесячной выручки и вставьте в диаграмму подписи данных.
3. Постройте диаграмму для количества продавцов и вставьте под диаграмму таблицу данных.
4. Вместо гистограммы создайте круговую диаграмму ежемесячных продаж.

В файле *Hiddenpivot.xlsx* содержатся данные о продажах конфет между 2009 и 2017 гг. На основе этих данных выполните задания 5 и 6.

5. Отфильтруйте данные так, чтобы на листе остались только продажи за 2013 г., а на диаграмме были представлены все данные.
6. Поместите продажи за каждый год в сводную таблицу и покажите процентное увеличение продаж с каждым годом.

7. На основе данных в файле Salestracker.xlsx выделите двух лучших продавцов каждого месяца стрелками вверх, двух худших — стрелками вниз, а остальных — стрелками вправо.
8. В баскетбольной команде Университета Индианы хорошей эффективностью считается не менее 50 блокировок мяча за игру, а низкой эффективностью — 30 и менее блокировок. В последних шести играх этот показатель у Индианы составил 25, 55, 45, 43, 59 и 39 единиц. Представьте эти данные на ленточной диаграмме.
9. Представьте данные из задания 8 на гистограмме, в которой удачные игры в защите выделены зеленым цветом, неудачные игры — красным, а остальные игры — оранжевым.
10. В течение первого года работы доходы фирмы составили 5 млн долларов, а расходы — 6 млн. Для различных предполагаемых темпов роста доходов и расходов составьте диаграмму доходов и расходов на 10 лет и поместите в название диаграммы год, в который доходы впервые превысят расходы.

В файле Crimedata.xlsx содержатся ежегодные данные о насильственных и имущественных преступлениях и об убийствах в США. На основе этих данных выполните задания 11 и 12.

11. Создайте диаграмму, показывающую количество преступлений для каждого года. Для управления показом рядов данных создайте флажки.
12. Для данных об убийствах создайте гистограмму, обновляющуюся автоматически при включении новых данных.
13. В табл. 52.1 содержатся отчеты о работе пяти сотрудников. Представьте эти данные на лепестковой диаграмме.

Таблица 52.1

Сотрудник	Трудолюбие	Работа в команде	Выполнение заданий в срок	Пунктуальность
Уэйн	1	2	3	4
Вивиан	5	6	7	8
Грег	10	9,5	9	8,5
Джен	9	2	9	4
Ванда	1	1,5	2	2,5

14. Проект состоит из пяти задач (табл. 52.2). Задано время начала и продолжительность выполнения каждой задачи. Представьте эти данные на диаграмме Ганта.

Таблица 52.2

Задача	Время начала	Продолжительность
A	0	4
B	3	6
C	5	7
D	6	8
E	3	6

15. В табл. 52.3 приведена прибыль, а также доходы и расходы в разбивке по годам. Представьте эти данные на диаграмме "водопад".

Таблица 52.3

Статья	Сумма, долларов
Доходы	300,000
Прибыль	65,000
Трудозатраты	100,000
Затраты на материал	80,000
Накладные расходы	55,000

16. В файле Paretodata.xlsx находятся данные о продажах продукции в хозяйственном магазине. Создайте диаграмму Парето для выручки по продуктам. Соответствуют ли эти данные правилу 80/20?

# Оценка линейных зависимостей

## Обсуждаемые вопросы

- ◆ Как определить зависимость между ежемесячным производством и ежемесячными эксплуатационными расходами?
- ◆ Насколько точно эта зависимость объясняет ежемесячные колебания эксплуатационных расходов предприятия?
- ◆ Насколько точными окажутся прогнозы?
- ◆ Какие функции при оценке линейной зависимости позволяют получить угловой коэффициент и начальную ординату прямой, точнее всего соответствующие данным?

Предположим, что завод производит небольшие холодильники. Главной офис диктует, сколько холодильников необходимо производить каждый месяц. Для составления бюджета требуется спрогнозировать ежемесячные эксплуатационные расходы и получить ответы на вопросы, обсуждаемые в данной главе.

Любой бизнес-аналитик должен иметь возможность оценить зависимость между важными бизнес-переменными. В Microsoft Excel определить отношение между двумя переменными часто позволяет кривая тренда, рассматриваемая в данной главе, а также в *главах 54 и 55*. Переменная, значения которой пытаются предсказать аналитики, называется *зависимой переменной*. Переменная, используемая для прогноза, называется *независимой переменной*. В табл. 53.1 приведено несколько примеров бизнес-отношений, которые можно оценить.

**Таблица 53.1**

Независимая переменная	Зависимая переменная
Количество продукции, произведенное заводом в месяц	Ежемесячные эксплуатационные расходы завода
Сумма, затраченная на рекламу в месяц	Продажи за месяц
Количество сотрудников	Ежегодные командировочные расходы
Доход компании	Количество сотрудников (численность)
Ежемесячный доход на фондовом рынке	Доход от акции (например, Dell)
Площадь дома	Стоимость дома

Первым шагом в определении зависимости между двумя переменными является составление графика для точек данных (точечной диаграммы) с независимой переменной по оси  $x$  и зависимой переменной по оси  $y$ . Затем следует выделить график, щелкнуть по точке данных (все точки данных отображаются синим цветом), на вкладке **КОНСТРУКТОР** в группе **Макеты диаграмм** (Chart Tools Layout) выбрать в списке **Линия тренда** (Trendline) и затем **Дополнительные параметры линии тренда** (More Trendline Options) или щелкнуть правой кнопкой мыши и выбрать **Добавить линию тренда** (Add Trendline). Появится диалоговое окно **Формат линии тренда** (Format Trendline) — рис. 53.1.

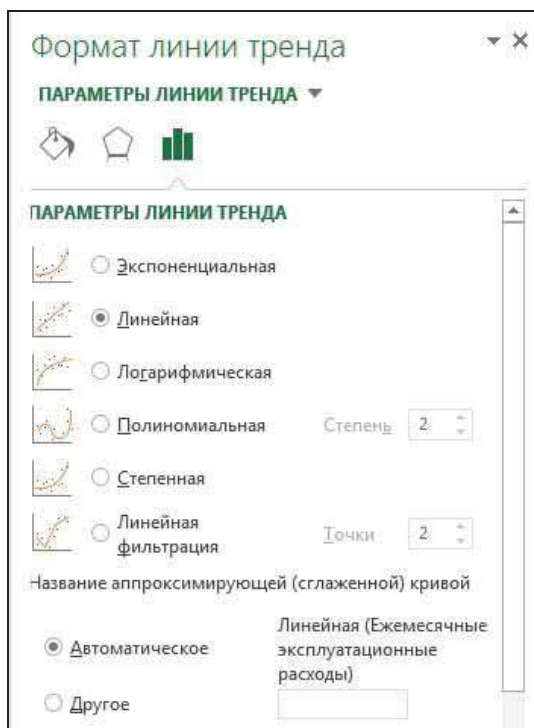


Рис. 53.1. Диалоговое окно **Формат линии тренда**

Если на диаграмме видно, что прямая линия соответствует точкам данных в достаточной степени, необходимо установить переключатель в положение **Линейная** (Linear). Если диаграмма показывает, что зависимая переменная возрастает более быстрыми темпами, возможно, переключатель стоит установить в положение **Экспоненциальная** (Exponential) или **Степенная** (Power). Если из диаграммы следует, что зависимая переменная возрастает с уменьшающейся скоростью или уменьшается с уменьшающейся скоростью, вероятно, положение **Степенная** (Power) окажется наиболее подходящим.

В этой главе рассматривается **Линейная** сглаживающая кривая. В *главе 54* обсуждается **Экспоненциальная** кривая, а в *главе 55* — **Степенная**. В *главе 62* проанализирована **Линейная фильтрация** (Moving Average), а в *главе 85* описывается

**Полиномиальная** кривая. (Логарифмическая кривая малоценна для описываемых задач и поэтому здесь не рассматривается.)

## Ответы на вопросы в начале главы

В этом разделе приведены ответы на вопросы, перечисленные в начале главы.

### Как определить зависимость между ежемесячным производством и ежемесячными эксплуатационными расходами?

В файле Costestimate.xlsx (рис. 53.2) содержатся данные о количестве произведенной продукции и ежемесячных эксплуатационных расходах завода для периода в 14 месяцев. Необходимо спрогнозировать ежемесячные эксплуатационные расходы на основе количества произведенной продукции, что позволит руководителю предприятия определить текущий бюджет и получить более четкое представление о стоимости производства холодильников.

	В	С	Д	Е	Ф
1				суммарная ошибка	-0,0304
2	Месяц	Количество	Ежемесячные эксплуатационные расходы	Прогнозируемые расходы	Ошибка
3	1	1260	123118	118872,6576	4245,342
4	2	1007	99601	102612,6765	-3011,68
5	3	1296	132000	121186,3308	10813,67
6	4	873	80000	94000,6707	-14000,7
7	5	532	52000	72085,044	-20085
8	6	476	58625	68485,9968	-9861
9	7	482	74624	68871,609	5752,391
10	8	1273	110000	119708,1507	-9708,15
11	9	692	81000	82368,036	-1368,04
12	10	690	73507	82239,4986	-8732,5
13	11	564	95024	74141,6424	20882,36
14	12	470	88004	68100,3846	19903,62
15	13	675	70000	81275,4681	-11275,5
16	14	870	110253	93807,8646	16445,14
17	15	1100		108589,6656	

Рис. 53.2. Оперативные данные завода

Начнем строить диаграмму  $XY$  (или точечную диаграмму), представляющую независимую переменную (количество произведенной продукции) по оси  $x$  и зависимую переменную (ежемесячные эксплуатационные расходы) по оси  $y$ . Столбец данных, представляемых на оси  $x$ , должен располагаться слева от столбца данных, показываемых на оси  $y$ . Для создания диаграммы выделите данные в диапазоне  $C2:D16$  (включая метки в ячейках  $C2$  и  $D2$ ). На вкладке **ВСТАВКА** (INSERT) в группе **Диаграммы** (Charts) выберите **Точечная** (Scatter), первый вариант. Появится диаграмма, представленная на рис. 53.3.

Как видно из точечной диаграммы, вполне вероятно, что зависимость между количеством произведенной продукции и ежемесячными эксплуатационными расхода-



ми можно представить в виде прямой линии (линейная зависимость). Если добавить в диаграмму линию тренда, то на ней появится прямая линия, наиболее точно соответствующая точкам данных. Для этого щелкните в пределах диаграммы и выберите какую-либо точку данных. Все точки данных отображаются синим цветом. Щелкните по точке правой кнопкой мыши и выберите **Добавить линию тренда** (Add Trendline). В диалоговом окне **Формат линии тренда** (Format Trendline) установите переключатель в положение **Линейная** (Linear) и затем установите флажки **показывать уравнение на диаграмме** (Display Equation on chart) и **поместить на диаграмму величину достоверности аппроксимации ( $R^2$ )** (Display R-squared value on chart) — рис. 53.4.

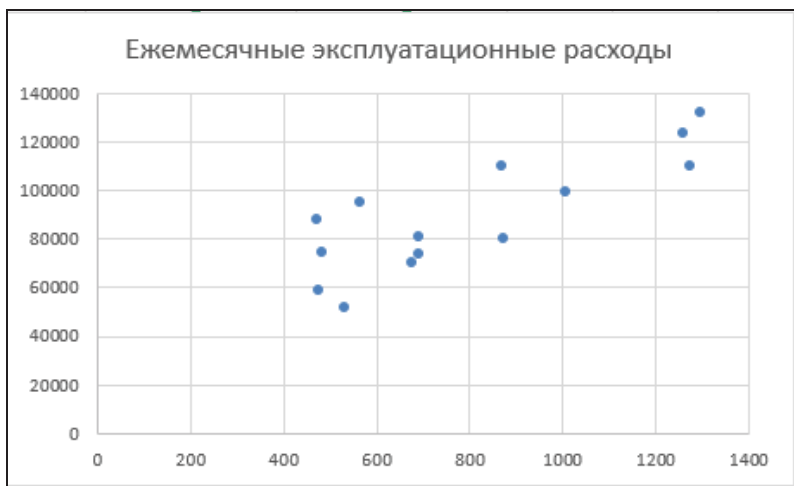


Рис. 53.3. Точечная диаграмма эксплуатационных расходов на основе количества произведенной продукции

Название аппроксимирующей (сглаженной) кривой

Автоматическое      Линейная (Ежемесячные эксплуатационные расходы)

Другое     

Прогноз

Вперед на  периодов

Назад на  периодов

Пересечение кривой с осью Y в точке

показывать уравнение на диаграмме

поместить на диаграмму величину достоверности аппроксимации ( $R^2$ )

Рис. 53.4. Выбор параметров линии тренда

Закройте диалоговое окно и добавьте такие элементы диаграммы, как названия осей и название диаграммы. Результат представлен на рис. 53.5. Названия диаграммы и осей можно добавить, если щелкнуть по крестику справа от диаграммы или на вкладке **КОНСТРУКТОР** (DESIGN) для работы с диаграммами выбрать **Добавить элемент диаграммы** (Add Chart Element).

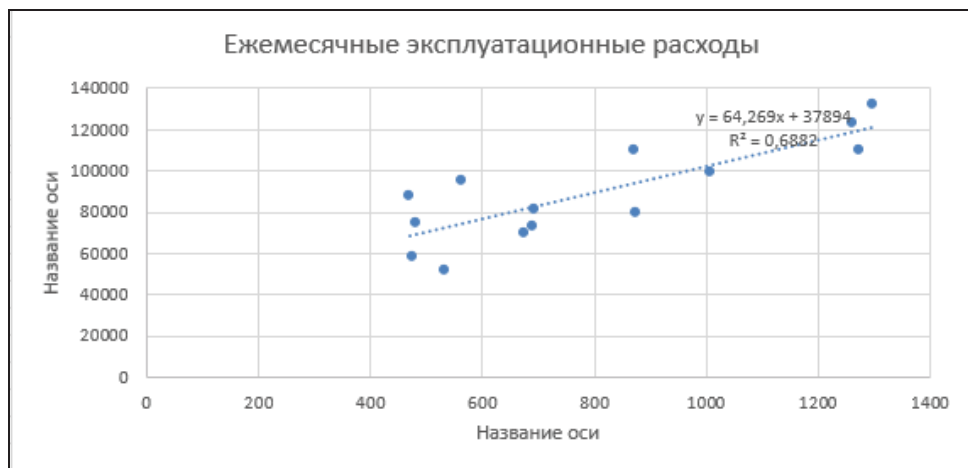


Рис. 53.5. Линия тренда

Если для значений в уравнении необходимо добавить больше знаков после запятой, выберите уравнение линии тренда и на вкладке **ФОРМАТ** (FORMAT) для работы с диаграммами выберите **Формат выделенного** (Format Selection). Щелкните на параметре **ЧИСЛО** (Number) и укажите для числового формата параметр **Число десятичных знаков**.

Каким образом в Excel определяется наиболее подходящая линия? Выбирается линия (среди множества линий, которые могут быть проведены) с минимальной суммой квадратов расстояний по вертикали от каждой точки до линии. Расстояние по вертикали от каждой точки до линии называется *ошибкой* или *остатком*. Линия, создаваемая в Excel, называется *линией наименьших квадратов*. Минимизируется, как правило, сумма квадратичных ошибок, а не сумма ошибок, поскольку при простом суммировании ошибок положительные и отрицательные ошибки могут компенсировать друг друга. Например, при сложении ошибок точка на 100 единиц выше линии и точка на 100 единиц ниже линии компенсируют друг друга. Но если используются квадратичные ошибки, то при поиске наиболее подходящей линии в Excel будут учтены ошибки для обеих этих точек.

Таким образом, в Excel наиболее подходящая прямая линия для прогнозируемых ежемесячных эксплуатационных расходов на основе ежемесячного количества производимой продукции вычисляется по формуле:

$$\begin{aligned} & \text{прогнозируемые ежемесячные эксплуатационные расходы} = \\ & = 37894,0956 + 64,2687 \times (\text{количество произведенной продукции}). \end{aligned}$$

Вычислите прогнозируемые расходы для каждой точки наблюдения данных, скопировав формулу  $=64.2687 * C3 + 37894.0956$  из ячейки E3 в диапазон ячеек E4:E16. Например, для 1260 единиц произведенной продукции прогнозируемые эксплуатационные расходы составят 118 872,66 долларов (см. рис. 53.2).

Линию наименьших квадратов не следует использовать для прогнозирования значений зависимой переменной за пределами диапазона имеющихся данных. В этом примере можно предсказывать ежемесячные эксплуатационные расходы завода только для месяцев, в которых производилось приблизительно от 450 до 1300 единиц продукции.

Начальную ординату этой прямой (равную 37 894,0956) можно интерпретировать как ежемесячные постоянные затраты. Таким образом, даже если завод не произведет ни одного холодильника за месяц, из диаграммы следует, что он будет нести расходы в размере 37 894,10 долларов. Угловой коэффициент (64,2687) этой прямой показывает, что каждый дополнительно произведенный холодильник увеличивает ежемесячные расходы на 64,27 долларов. Следовательно, переменные затраты на производство холодильника оцениваются в 64,27 долларов.

Ошибки (или остатки) для каждой точки данных вычисляются в ячейках F3:F16. Ошибка для каждой точки данных определена как величина, на которую эта точка отстоит от линии наименьших квадратов. Для каждого месяца ошибка равна разности фактических и прогнозируемых расходов. Ошибка для каждой точки данных вычислена путем копирования формулы  $=D3-E3$  из F3 в F4:F16. Положительное значение ошибки указывает, что точка находится над линией наименьших квадратов, а отрицательное — что точка находится под этой линией. Сумма ошибок вычислена в ячейке F1 и равна -0,03. В действительности для любой линии наименьших квадратов сумма ошибок должна быть равна 0. (-0,03 было получено, поскольку величины в уравнении были округлены до четырех знаков после запятой.) Факт равенства суммы ошибок нулю означает, что линия наименьших квадратов обладает интуитивно признаваемым свойством разделения точек на два подмножества.

### **Насколько точно эта зависимость объясняет ежемесячные колебания эксплуатационных расходов предприятия?**

Очевидно, что каждый месяц и эксплуатационные расходы, и количество произведенной продукции меняется. Возникает естественный вопрос: "Какой процент ежемесячных изменений эксплуатационных расходов объясняется ежемесячными изменениями количества производимой продукции?" Ответ на этот вопрос дает значение  $R^2$  (0,6882 на рис. 53.5). Можно утверждать, что линейная зависимость объясняет 69% изменения ежемесячных эксплуатационных расходов. Это означает, что 31% изменений ежемесячных эксплуатационных расходов объясняется другими факторами. Эти другие факторы, влияющие на эксплуатационные расходы, можно попытаться определить с помощью множественной регрессии (см. главы 57—59).

Но какое значение  $R^2$  считается приемлемым? Окончательного ответа на этот вопрос не существует. Конечно, для одной независимой переменной большее значение  $R^2$  означает наилучшее приближение данных, чем меньшее значение  $R^2$ . Луч-

шей мерой точности прогнозов является *стандартная ошибка регрессии*, описанная далее.

### Насколько точными окажутся прогнозы?

При подборе линии к точкам получается стандартная ошибка регрессии, которой измеряется разброс точек вокруг линии наименьших квадратов. Стандартная ошибка, связанная с линией наименьших квадратов, может быть вычислена посредством функции `СТОШУХ (STEUХ)`. Синтаксис функции: `СТОШУХ(известные_значения_у; известные_значения_х)`, где `известные_значения_у` содержит значения зависимой переменной, а `известные_значения_х` — значения независимой переменной. Стандартная ошибка линии оценки расходов вычислена в файле `Costestimate.xlsx` в ячейке `K1` по формуле `=СТОШУХ(D3:D16;C3:C16)`. Результат представлен на рис. 53.6.

Приблизительно 68% точек должны находиться в пределах одной стандартной ошибки регрессии от линии наименьших квадратов и примерно 95% точек — в пределах двух стандартных ошибок регрессии. Эти меры напоминают правило описательной статистики из главы 42. В данном случае абсолютное значение примерно 68% ошибок не должно превышать 13 772 долларов, а абсолютное значение примерно 95% ошибок не должно превышать 27 544 долларов (или  $2 \times 13\,772$ ). В столбце `F`, как видно из рисунка, 10 из 14 или 71% точек находится в пределах одной стандартной ошибки регрессии от линии наименьших квадратов и все (100%) точки — в пределах двух стандартных ошибок регрессии. Любая точка, находящаяся более чем в двух стандартных ошибках от линии наименьших квадратов, называется *выбросом*. Поиск причин выбросов часто может повысить эффективность управления бизнесом. Например, месяц, в котором фактические эксплуатационные расходы на 30 000 долларов выше, чем ожидалось, будет считаться выбросом вверх. Если удастся установить причину такого выброса и не допустить его повторения, эффективность производства определенно повысится. Аналогичным образом это касается месяца, в котором фактические расходы составили на 30 000 долларов меньше ожидаемых. Если можно установить причину такого стремительного уменьшения расходов и обеспечить его частое повторение, эффективность производства возрастет.

	Н	І	Ј	К
1	Угловой коэффициент	64,2687	Стандартная ошибка	13771,8531
2	Начальная ордината	37894,1		
3	Рквadrat	0,6882		

Рис. 53.6. Вычисление значений углового коэффициента, начальной ординаты,  $R^2$  и стандартной ошибки регрессии

**Какие функции при оценке линейной зависимости позволяют получить угловой коэффициент и начальную ординату прямой, точнее всего соответствующие данным?**

Угловой коэффициент и начальную ординату линии наименьших квадратов возвращают соответственно функции Excel `НАКЛОН (SLOPE)` и `ОТРЕЗОК (INTERCEPT)` с аргу-

ментами известные\_значения\_y и известные\_значения\_x. Таким образом, по формуле =НАКЛОН(D3:D16;C3:C16) в ячейке I1 (см. рис. 53.6) вычисляется угловой коэффициент (64,2687) линии наименьших квадратов. А по формуле =ОТРЕЗОК(D3:D16;C3:C16) в ячейке I2 вычисляется начальная ордината (37 894,1) линии наименьших квадратов. Кстати, функция КВПИРСОН (RSQ) с аргументами известные\_значения\_y и известные\_значения\_x возвращает значение  $R^2$ , связанное с линией наименьших квадратов. Таким образом, по формуле =КВПИРСОН(D3:D16;C3:C16) в ячейке I3 вычисляется значение  $R^2$  для линии наименьших квадратов, равное 0,6882.

## Задания

Файл Delldata.xlsx содержит ежемесячные доходы для фондового индекса Standard&Poor и акции Dell. Бета-коэффициент акции определяется как угловой коэффициент линии наименьших квадратов, используемой для прогнозирования ежемесячного дохода от акции по ежемесячному доходу от всех операций на рынке.

1. Оцените бета-коэффициент акции Dell.
2. Интерпретируйте смысл бета-коэффициента акции Dell.
3. Если считать, что наступает рецессия, в какие акции следует инвестировать, с высоким или низким бета-коэффициентом?
4. Для месяца, в котором рынок растет на 5%, определите диапазон, в котором цена акции Dell возрастет с вероятностью 95%.

В файле Housedata.xlsx приведены данные о площади в квадратных футах и продажной цене нескольких домов в Белвью, штат Вашингтон.

5. Вы собираетесь возвести пристройку площадью 500 кв. футов к дому. Насколько в результате возрастет цена дома?
6. Какой процент изменения цены дома можно объяснить изменением его размера?
7. Дом площадью 3000 кв. футов продается за 500 000 долларов. Соответствует ли такая цена типичной цене на недвижимость в Белвью? Чем вызвано такое несоответствие?
8. Известно, что температура 32° по Фаренгейту эквивалентна температуре 0° по Цельсию и что температура 212° по Фаренгейту эквивалентна температуре 100° по Цельсию. С помощью кривой тренда определите зависимость между градусами Фаренгейта и Цельсия. При создании исходной диаграммы перед нажатием кнопки **Готово** (Finish) необходимо указать, что данные находятся в столбцах, а не в строках, поскольку для двух точек данных в Excel считается, что переменные находятся в разных строках.
9. Файл Betadata.xlsx содержит ежемесячный доход для индекса Standard&Poor, а также ежемесячные доходы для акций Cinergy, Dell, Intel, Microsoft, Nortel и Pfizer. Вычислите коэффициент бета каждой акции.
10. Для нескольких выборов в файле Electiondata.xlsx содержатся данные автоматических средств для голосования о проценте голосов, полученных республи-

канцами (подсчитанном в день выборов), и проценте голосов, полученных республиканцами по бюллетеням для заочного голосования (подсчитанном после дня выборов). Предположим, что во время выборов республиканцы получили 49% голосов в день выборов и 62% голосов по бюллетеням для заочного голосования. Кандидат от демократов назвал это мошенничеством. Так ли это?

11. В файле Oldfaithful.xlsx хранятся данные о времени между извержениями гейзера Олд-Фейтфул и продолжительность следующего извержения. Предположим, что прошло 4 минуты после последнего извержения. С вероятностью 95% можно утверждать, что продолжительность следующего извержения составит от \_\_\_\_\_ до \_\_\_\_\_.
12. В файле приведены ежедневные значения индекса Доу—Джонса с 1996 по 2010 гг. Каково значение  $R^2$  для завтрашнего значения индекса Доу—Джонса, прогнозируемого по сегодняшнему значению? Означает ли такое высокое значение  $R^2$ , что движение рынка предсказать нетрудно?



# Моделирование экспоненциального роста

### Обсуждаемый вопрос

◆ Как моделировать рост доходов компании во времени?

При оценке компании важно иметь некоторое представление о ее будущих доходах. Несмотря на то, что будущее может не походить на прошлое, довольно часто оценочный анализ корпорации начинается с изучения доходов компании в недавнем прошлом. Многим аналитикам нравится подгонять кривую тренда к недавнему росту доходов. Для подгонки кривой тренда годы откладываются на оси  $x$  (например, первый год данных Год 1, второй год данных Год 2 и т. д.), а по оси  $y$  откладывается доход компании.

Как правило, зависимость между временем и доходом не является прямолинейной. Напомним, что прямая линия всегда имеет одинаковый угловой коэффициент. Это означает, что при увеличении независимой переменной (в данном случае года) на 1 прогноз для зависимой переменной (дохода) увеличивается на одну и ту же величину. Для большинства компаний доход возрастает на определенный постоянный процент каждый год. В этом случае по мере роста дохода годовое увеличение дохода также увеличивается. В конце концов, рост дохода на 10% для 1 млн долларов означает рост дохода на 100 000 долларов. Рост дохода на 10% для 100 млн долларов означает рост дохода на 10 млн долларов. Такой анализ предполагает, что кривая тренда для прогноза дохода должна расти более резко и иметь увеличивающийся угловой коэффициент. Экспоненциальная функция обладает тем свойством, что при увеличении независимой переменной на 1 зависимая переменная увеличивается на такую же величину в процентном отношении. Именно такая зависимость требуется для моделирования роста дохода.

Уравнение экспоненциальной функции:  $y = ae^{bx}$ . Здесь  $x$  — значение независимой переменной (в данном случае это год),  $y$  — значение зависимой переменной (в данном случае это годовой доход). Значение  $e$  (приблизительно 2,7182) — основание натурального логарифма. Если в диалоговом окне **Формат линии тренда** (Format Trendline) установить переключатель в положение **Экспоненциальная** (Exponential), значения  $a$  и  $b$ , наиболее точно соответствующие данным, будут вычислены автоматически. Далее рассмотрим это на примере.



## Ответ на вопрос

В этом разделе приведен ответ на вопрос в начале главы.

### Как моделировать рост доходов компании во времени?

Файл Ciscoexp.xls (рис. 54.1) содержит доход для Cisco с 1990 по 1999 гг. Доход указан в миллионах долларов. Например, в 1990 г. доход Cisco составил 103,47 млн долларов.

	A	B	C	D
1		Год 1=1990		
2				
3	Год	Продажи	Прогноз	Соотношение
4	1	70	103,471229	
5	2	183	182,848984	1,767148093
6	3	340	323,121233	1,767148093
7	4	649	571,003071	1,767148093
8	5	1243	1009,04699	1,767148093
9	6	1979	1783,13546	1,767148093
10	7	4096	3151,06443	1,767148093
11	8	6440	5568,39749	1,767148093
12	9	8459	9840,18301	1,767148093
13	10	12154	17389,0606	1,767148093
14				
15	16		529558,325	

Рис. 54.1. Годовой доход для Cisco с 1990 по 1999 гг.

Для подгонки экспоненциальной кривой к данным сначала выделите диапазон ячеек A3:B13. Затем на вкладке **ВСТАВКА** (INSERT) в группе **Диаграммы** (Charts) выберите точечную диаграмму, первый вариант **Точечная** (Scatter With Only Markers) — рис. 54.2.

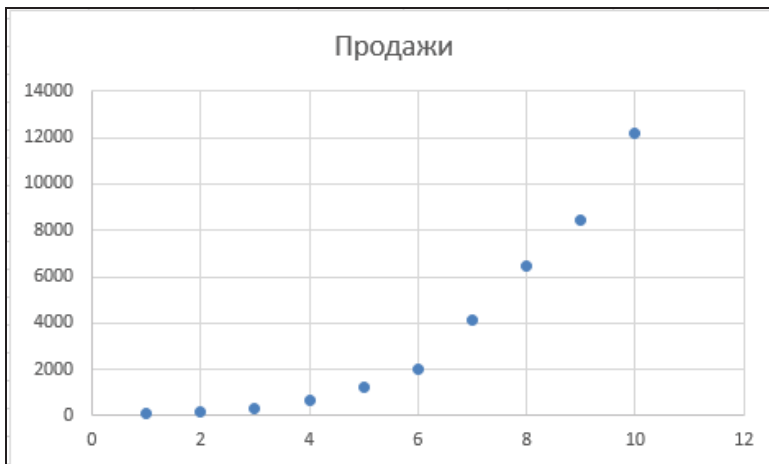


Рис. 54.2. Точечная диаграмма для кривой тренда Cisco

Поскольку угловой коэффициент прямой линии является константой, подбирать прямую линию к таким данным было бы неправильно. Для стремительно растущего наклона графика, как в этом случае, более всего подойдет экспоненциальный рост.

Для получения экспоненциальной кривой, наилучшим образом приближающейся к данным, щелкните правой кнопкой мыши по точке данных (все точки отображаются синим цветом) и затем выберите **Добавить линию тренда** (Add Trendline). В диалоговом окне **Формат линии тренда** (Format Trendline) установите переключатель в положение **Экспоненциальная** (Exponential) и отметьте флажки **показывать уравнение на диаграмме** (Display Equation On Chart) и **поместить на диаграмму величину достоверности аппроксимации (R<sup>2</sup>)** (Display R-Squared Value On Chart). Получившаяся диаграмма представлена на рис. 54.3.

Предполагаемый доход Cisco за год  $x$  (напомним, что для  $x = 1$  это 1990 г.) вычисляется по следующей формуле:

$$\text{предполагаемый доход} = 58,552664e^{0,569367x}$$

Предполагаемый доход вычисляется в ячейках C4:C13 путем копирования формулы  $=58,552664*EXP(0,569367*A4)$  из C4 в C5:C13. Например, прогноз для доходов Cisco в 1999 г. (на 10-й год) составляет 17,389 млрд долларов.

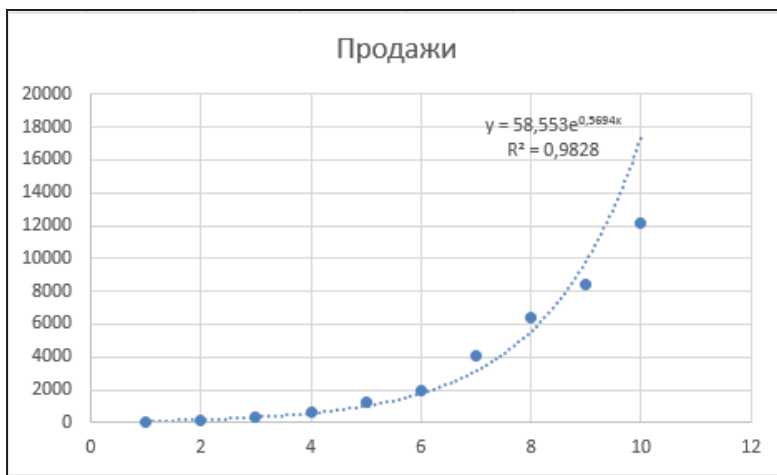


Рис. 54.3. Экспоненциальная кривая дохода Cisco

Обратите внимание, что большая часть точек расположена очень близко к подобранной экспоненциальной кривой. Этот пример показывает, что доходы Cisco в 1990-х годах характеризуются экспоненциальным ростом. Тот факт, что значение  $R^2$  (0,98) близко к 1, также согласуется с визуальным доказательством хорошей подгонки.

Следует помнить, что каждый раз при увеличении  $x$  на 1 значение оценки по экспоненциальной кривой увеличивается таким же образом в процентном отношении. Этот факт можно проверить путем вычисления соотношения между предполагае-

мым доходом в каком-либо году и предполагаемым доходом в предыдущем году. Это соотношение вычисляется путем копирования формулы  $=C5/C4$  из D5 в D6:D13. Предполагаемые темпы роста компании Cisco составляют 76,7% в год, что является наилучшей оценкой годовых темпов роста Cisco с 1990 по 1999 гг.

Безусловно, перед использованием этих предполагаемых годовых темпов роста дохода в оценочном анализе необходимо установить, возможно ли поддержание таких темпов роста. Экспоненциальный рост не может продолжаться вечно. Например, если при помощи экспоненциальной кривой тренда попробовать спрогнозировать доход в 2005 г. (на 16-й год), то предполагаемый доход Cisco в 2005 г. составил бы 530 млрд долларов. Если бы такая оценка оказалась верной, то доход Cisco в 2005 г. в три раза превысил бы доход крупнейшей в мире компании (Walmart). Такое представляется крайне маловероятным. Таким образом, можно сделать заключение, что в первые годы доход технологической компании растет экспоненциально. Через некоторое время темпы роста снижаются. Если бы аналитики Уолл-стрит в конце 1990-х годов осознали этот факт, то интернет-пузыря на фондовом рынке можно было бы избежать. Обратите внимание, что в 1999 г. фактический доход Cisco был ниже дохода, рассчитанного по кривой тренда. Возможно, этот факт указывал на начало технологического спада, произошедшего в конце 2000 г.

Кстати, почему необходимо использовать  $x = 1$  вместо  $x = 1990$ ? Если указать  $x = 1990$ , в Excel придется обрабатывать числа, подобные  $e^{1990}$ . Обработка таких значений вызывает в Excel значительные трудности.

## Задание

---

Файл Exponentialdata.xlsx содержит годовой доход от продаж для компаний Staples, Walmart и Intel. На основе этих данных выполните первые пять заданий:

1. Для каждой компании подберите экспоненциальную кривую тренда к данным продаж.
2. Для какой компании экспоненциальный рост наиболее соответствует росту дохода?
3. Для какой компании экспоненциальный рост менее всего соответствует росту дохода?
4. Для каждой компании вычислите годовые темпы роста дохода в процентах.
5. Для каждой компании спрогнозируйте по кривой тренда доход в 2003 г.
6. В файле Impalas.xlsx приведены цены Impalas 2009, 2008, 2007 и 2006 на 2010 гг. Исходя из этих данных, оцените снижение стоимости автомобиля по мере его старения?

# Степенная кривая

### Обсуждаемый вопрос

- ◆ По мере производства продукции компания узнает, как эффективнее производить эту продукцию. Можно ли смоделировать зависимость между количеством произведенной продукции и временем, необходимым для производства одной единицы продукции?

Степенной кривой соответствует уравнение  $y = ax^b$ . В этом уравнении  $a$  и  $b$  являются константами. С помощью кривой тренда можно определить значения  $a$  и  $b$  для степенной кривой, наиболее приближенной к точечной диаграмме. В большинстве случаев  $a > 0$ . При этом наклон степенной кривой зависит от значения  $b$  следующим образом:

- ◆ для  $b > 1$   $y$  возрастает при увеличении  $x$ , и наклон степенной кривой увеличивается при увеличении  $x$ ;
- ◆ для  $0 < b < 1$   $y$  возрастает при увеличении  $x$ , и наклон степенной кривой уменьшается при увеличении  $x$ ;
- ◆ для  $b = 1$  степенная кривая представляет собой прямую линию;
- ◆ для  $b < 0$   $y$  уменьшается при увеличении  $x$ , и степенная кривая выпрямляется при увеличении  $x$ .

Далее приведены примеры различных зависимостей, которые могут быть смоделированы с помощью степенной кривой. Эти примеры находятся в файле `Powerexamples.xlsx`.

Диаграмма для прогнозируемой общей себестоимости продукции как функции количества произведенной продукции показана на рис. 55.1. Обратите внимание, что  $b = 2$ . Как было сказано ранее, для этого значения  $b$  себестоимость продукции растет по мере увеличения количества произведенной продукции. Наклон становится круче, что указывает на увеличение себестоимости каждой дополнительно произведенной единицы продукции. Такая зависимость может возникнуть из-за дополнительных сверхурочных часов, оплата которых выше, чем оплата обычного рабочего времени.

Диаграмма для прогнозируемых объемов продаж как функции расходов на рекламу представлена на рис. 55.2.

Здесь  $b = 0,5$  (т. е. между 0 и 1). Если значение  $b$  находится в этом интервале, по мере увеличения расходов на рекламу объем продаж увеличивается, но с умень-

шающей скоростью. Таким образом, степенная кривая позволяет смоделировать закон убывающей доходности: каждый дополнительно потраченный на рекламу доллар приносит меньше прибыли.

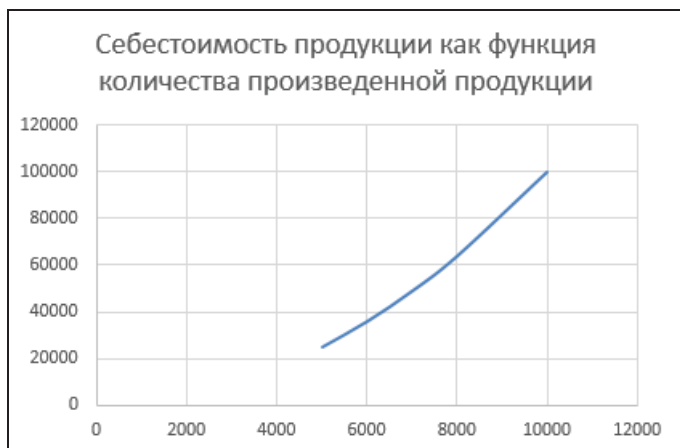


Рис. 55.1. Прогнозируемая себестоимость как функция количества произведенной продукции

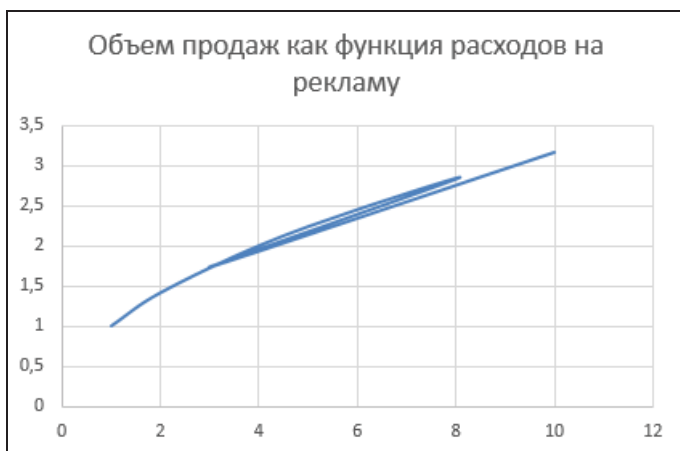


Рис. 55.2. Объем продаж как функция расходов на рекламу

Диаграмма для прогнозируемого времени, необходимого для производства последней единицы продукции как функции количества продукции, произведенной на сегодняшний день, показана на рис. 55.3.

Здесь  $b = -0,1$ . Поскольку  $b$  меньше 0, время, необходимое для производства каждой единицы продукции, уменьшается, но скорость уменьшения, т. е. скорость обучения, снижается. Эта зависимость означает, что на ранних стадиях жизненного цикла производства продукции происходит значительная экономия рабочего времени. Однако по мере производства продукции экономия рабочего времени происходит более медленными темпами. Зависимость между совокупным количеством

произведенной продукции и временем, необходимым для производства последней единицы продукции, называется *кривой обучения* или *кривой опыта*.

Степенная кривая имеет следующие свойства.

- ◆ **Свойство 1.** Если  $x$  увеличивается на 1%,  $y$  увеличивается примерно на  $b\%$ .
- ◆ **Свойство 2.** Каждый раз, когда  $x$  удваивается,  $y$  увеличивается на тот же процент.

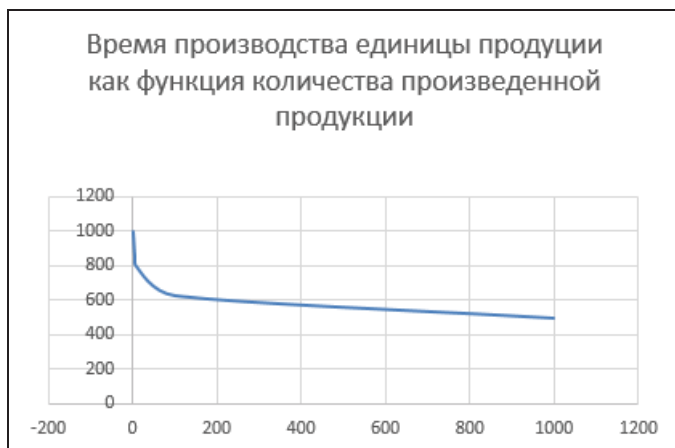


Рис. 55.3. Время, необходимое для производства последней единицы продукции, как функция совокупного количества продукции

Предположим, что спрос на продукт в зависимости от цены можно смоделировать как  $1000 \times (\text{Цена})^{-2}$ . Тогда свойство 1 подразумевает, что 1%-ное увеличение цены снизит спрос (независимо от величины цены) на 2%. В этом случае показатель степени  $b$  (без минуса) называется коэффициентом эластичности. Коэффициент эластичности рассматривается в *главе 83*. Теперь, исходя из вышеизложенного, посмотрим, как подобрать степенную кривую к данным.

## Ответ на вопрос

В этом разделе приведен ответ на вопрос в начале главы.

**По мере производства продукции компания узнает, как эффективнее производить эту продукцию. Можно ли смоделировать зависимость между количеством произведенной продукции и временем, необходимым для производства одной единицы продукции?**

В файле Fax.xlsx содержатся данные о количестве произведенных аппаратов факсимильной связи (факсов) и себестоимости (в долларах 1982 г.) производства последнего факса для каждого года. Например, в 1983 г. было произведено 70 000 факсов, и себестоимость производства последнего факса составила 3416 долларов. Данные представлены на рис. 55.4.

	A	B	C	D	E	F	G
1	Кривая обучения для данных о факсах						
2							
3	Год	Количество продукции	Совокупное количество продукции	Себестоимость единицы продукции	Прогноз		
4	1982	64000	64000	\$ 3 700,00	3955,81		
5	1983	70000	134000	\$ 3 416,00	3280,54		
6	1984	100000	234000	\$ 3 125,00	2848,51		
7	1985	150000	384000	\$ 2 583,00	2512,63		
8	1986	175000	559000	\$ 2 166,00	2284,66		
9	1987	400000	959000	\$ 1 833,00	1992,72		
10	1988	785000	1744000	\$ 1 788,00	1712,60		
11	1989	1000000	2744000		1526,85		процент
12		удвоенное	3488000		1436,83		обучения
13		совокупное количество					0,838975
14							

Рис. 55.4. Данные, на основе которых строится кривая обучения для производства факсов

Поскольку кривая обучения прогнозирует или себестоимость, или время, необходимое для производства единицы продукции, на основе данных о совокупном количестве продукции, в столбце с вычисляется совокупное количество факсов, произведенных к концу каждого года. В ячейке C4 ссылка на ячейку B4 показывает количество факсов, произведенных в 1982 г. Скопировав формулу =СУММ(\$B\$4:B4) из C5 в C6:C10, можно вычислить совокупно произведенное количество факсов для конца каждого года.

Теперь можно создать точечную диаграмму с совокупным количеством произведенной продукции по оси  $x$  и себестоимостью единицы продукции по оси  $y$ . После создания диаграммы щелкните по одной из точек данных (точки данных отображаются синим цветом), а затем щелкните правой кнопкой мыши и выберите **Добавить линию тренда** (Add Trendline). В диалоговом окне **Формат линии тренда** (Format Trendline) установите переключатель в положение **Степенная** (Power) и отметьте флажки **показывать уравнение на диаграмме** (Display Equation on chart) и **поместить на диаграмму величину достоверности аппроксимации ( $R^2$ )** (Display R-Squared value on chart). Диаграмма с такими параметрами показана на рис. 55.5. Нарисованная кривая представляет собой степенную кривую, наилучшим образом соответствующую данным.

Степенная кривая позволяет прогнозировать себестоимость производства факса следующим образом:

$$\text{себестоимость производства факса} = 65\,259 \times (\text{совокупное количество})^{-0,2533}.$$

Обратите внимание, что большая часть точек данных находится возле подобранной степенной кривой и что значение  $R^2$  близко к 1, т. е. степенная кривая подогнана должным образом.

Скопируйте формулу =65259\*C4^-0,2533 из ячейки E4 в E5:E10 для вычисления прогнозируемой себестоимости последнего факса, произведенного в конце каждого года. (Знак вставки [^], который находится над клавишей <6>, означает возведение в степень.)

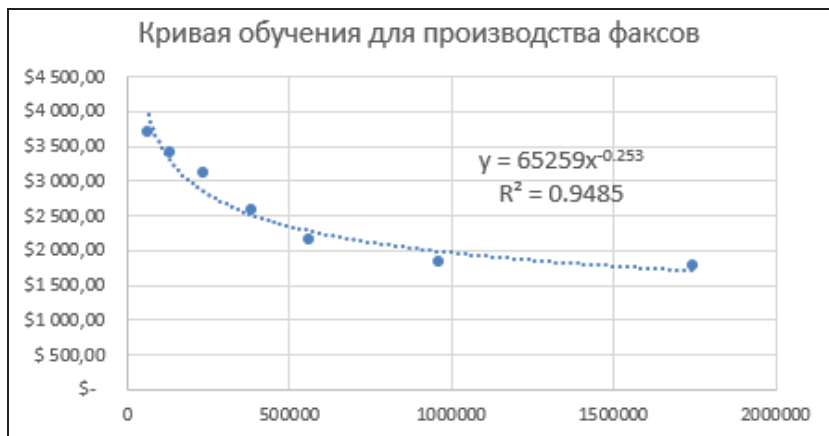


Рис. 55.5. Кривая обучения для производства факсов

Если в 1989 г. был произведен 1 000 000 факсов, то после подсчета в ячейке с11 совокупного количества произведенной продукции к концу 1989 г. (2 744 000 шт.) можно скопировать уравнение прогноза в ячейку e11 и получить в результате себестоимость последнего произведенного в 1989 г. факса — 1526,85 долларов.

Напомним свойство 2 степенной кривой: каждый раз, когда x удваивается, y увеличивается на тот же процент. Введите удвоенное совокупное количество факсов, произведенных к концу 1988 г., в ячейку с12 и скопируйте формулу из ячейки e10 в ячейку e12. Оказывается, удвоение совокупного количества произведенной продукции снижает прогнозируемую себестоимость до 83,8% от предыдущего значения (1 516,83/1 712,60). По этой причине текущая кривая обучения называется 84%-ной кривой обучения. Каждый раз при удвоении количества произведенной продукции усилия, направленные на производство факса, уменьшаются на 16,2%.

Если кривая становится круче, данным может соответствовать не только степенная кривая, но и экспоненциальная. Возникает естественный вопрос, какая из кривых больше подходит к данным? В большинстве случаев ответ на этот вопрос дает простой визуальный контроль кривых с выбором той, которая кажется наиболее подходящей. Более точно можно вычислить сумму квадратичных ошибок для каждой кривой (путем сложения квадратов разности значений на кривой и фактических значений для каждой точки данных) и выбрать кривую с меньшей суммой квадратичных ошибок.

Кривая обучения была открыта в 1936 г. на базе военно-воздушных сил Райт-Паттерсон (Wright-Patterson Air Force Base) в Дейтоне, штат Огайо, когда было установлено, что каждый раз при удвоении совокупного количества произведенных самолетов время, необходимое для производства одного самолета, уменьшалось примерно на 15%.

В Википедии можно найти оценки кривой обучения для различных отраслей промышленности:

- ◆ авиационно-космическая промышленность: 85%;
- ◆ судостроение: 80—85%;



- ◆ сложные станки для новых моделей: 75—85%;
- ◆ повторяющееся производство электроники: 90—95%;
- ◆ повторяющиеся производственные операции или штамповочные операции: 90—95%;
- ◆ повторяющиеся электромонтажные работы: 75—85%;
- ◆ повторяющиеся сварочные работы: 90%;
- ◆ сырье: 93—96%;
- ◆ покупные детали: 85—88%.

## Задания

1. На основе данных о факсах смоделируйте зависимость между совокупным количеством произведенных факсов и общей себестоимостью произведенной продукции.
2. На основе данных о факсах смоделируйте зависимость между совокупным количеством произведенных факсов и средней себестоимостью одного факса.
3. Коммерческий директор считает, что общий объем продаж продукта зависит от цены так, как показано в табл. 55.1. Определите зависимость между ценой и спросом, а также прогнозируемым спросом для цены 46 долларов. На какое количество процентов уменьшается спрос при увеличении цены на 1%?

**Таблица 55.1**

Цена, долларов	Спрос
30,00	300
40,00	200
50,00	110
60,00	60

4. Бренд-менеджер нового лекарственного препарата считает, что годовой объем продаж препарата является функцией количества коммерческих предложений, сделанных врачам по телефону (табл. 55.2). Определите объем продаж препарата, если врачам сделано 80 000 коммерческих звонков.

**Таблица 55.2**

Коммерческие звонки	Количество проданного препарата
50 000	25 000
100 000	52 000
150 000	68 000
200 000	77 000

5. Время, необходимое для производства каждого из первых десяти самолетов, приведено в табл. 55.3.

**Таблица 55.3**

Самолет	Часы
1	1000
2	800
3	730
4	630
5	600
6	560
7	560
8	500
9	510
10	510

Определите общее количество часов, необходимое для производства следующих десяти самолетов.



## Представление зависимостей с помощью корреляции

### Обсуждаемый вопрос

- ◆ Каким образом связаны ежемесячные доходы от акций Microsoft, GE, Intel, GM и Cisco?

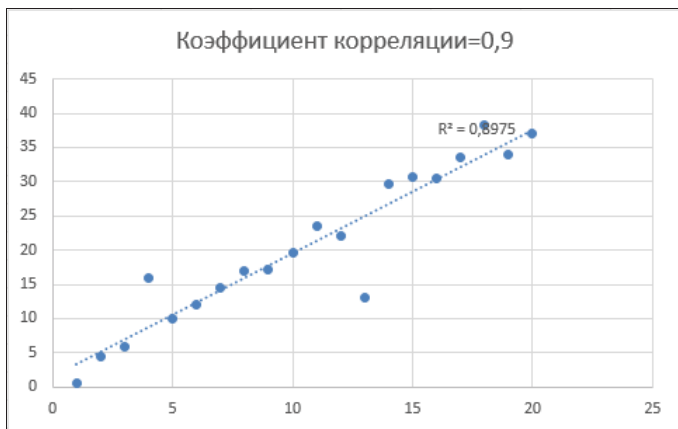
Кривые тренда очень ценны для понимания связи между двумя переменными. Однако часто требуется определить взаимосвязь более чем двух переменных. Вычисление корреляции между любыми парами переменных позволяет представить совместное движение вверх и вниз значений нескольких переменных.

Корреляция (обычно обозначаемая как  $r$ ) между двумя переменными (назовем их  $x$  и  $y$ ) — это степень линейной зависимости между  $x$  и  $y$ . Линейный коэффициент корреляции между любыми двумя переменными всегда лежит в интервале от  $-1$  до  $+1$ . Точная формула вычисления коэффициента корреляции между двумя переменными не очень важна, а вот возможность интерпретации корреляции между переменными наоборот имеет большое значение.

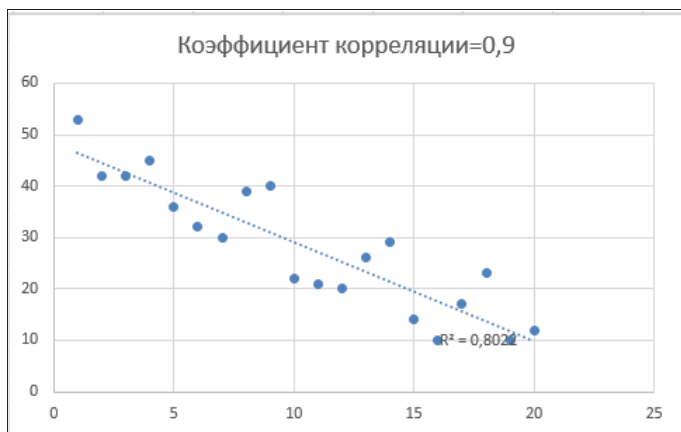
Коэффициент корреляции, почти равный  $+1$ , означает, что между  $x$  и  $y$  имеется сильная положительная линейная зависимость. Иначе говоря, если  $x$  больше среднего, то  $y$  также имеет тенденцию превышать среднее, и если  $x$  меньше среднего,  $y$  также, как правило, будет меньше среднего. Если для точек данных подбирается прямая линия, то это прямая линия с положительным угловым коэффициентом, хорошо соответствующая точкам данных. Например, для данных, представленных на рис. 56.1 ( $x$  — количество произведенной продукции и  $y$  — ежемесячная себестоимость продукции), коэффициент корреляции между  $x$  и  $y$  равен  $+0,9$ . (Для рис. 56.1—56.3 см. файл `Correlationexamples.xlsx`.)

Коэффициент корреляции, примерно равный  $-1$ , означает наличие между  $x$  и  $y$  сильной отрицательной линейной зависимости, т. е. если  $x$  больше среднего,  $y$  наоборот меньше среднего, и если  $x$  меньше среднего,  $y$  имеет тенденцию превышать среднее. Если для данных подбирается прямая линия, то она имеет отрицательный угловой коэффициент и хорошо соответствует точкам данных. Например, для данных, представленных на рис. 56.2, коэффициент корреляции между  $x$  и  $y$  равен  $-0,9$ .

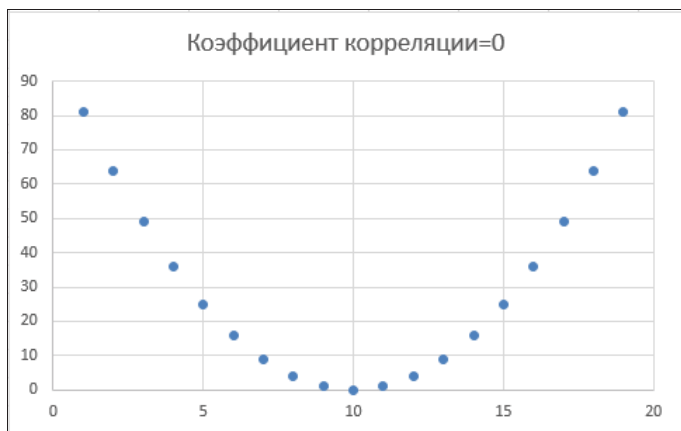
Коэффициент корреляции, приблизительно равный  $0$ , свидетельствует о слабой линейной зависимости между  $x$  и  $y$ . Таким образом, на основании информации о том, больше  $x$  или меньше среднего, невозможно предположить, больше  $y$  среднего или меньше. На рис. 56.3 показан график зависимости объемов продаж в штуках ( $y$ ) от опыта продаж в годах ( $x$ ). Опыт продаж в годах и объем продаж в штуках имеют коэффициент корреляции  $0,003$ . Для этого набора данных средний опыт равен



**Рис. 56.1.** Коэффициент корреляции около +1 указывает на сильную положительную линейную зависимость двух переменных



**Рис. 56.2.** Коэффициент корреляции около  $-1$  указывает на сильную отрицательную линейную зависимость двух переменных



**Рис. 56.3.** Коэффициент корреляции около 0 указывает на слабую линейную зависимость между двумя переменными

10 годам. Как видно из рисунка, у менеджеров по продажам со стажем более 10 лет объемы продаж могут быть низкими или высокими. Также можно отметить, что у менеджеров со стажем менее 10 лет объемы продаж также могут быть низкими либо высокими. Несмотря на то, что между годами опыта и объемами продаж существует незначительная линейная зависимость или линейная зависимость вовсе отсутствует, между годами опыта и объемами продаж имеется сильная нелинейная зависимость (см. подобранную кривую). Коэффициент корреляции не является мерой степени нелинейной зависимости.

## Ответ на вопрос

В этом разделе приведен ответ на вопрос в начале главы.

**Каким образом связаны ежемесячные доходы от акций Microsoft, GE, Intel, GM и Cisco?**

В файле Stockcorrel.xlsx (рис. 56.4) хранятся ежемесячные доходы от акций Microsoft, GE, Intel, GM и Cisco за 1990-е годы. С помощью коэффициента корреляции можно определить, как движение одних акций зависит от движения других.

Для определения корреляции между каждой парой акций на вкладке **ДАННЫЕ** (DATA) сначала в группе **Анализ** (Analysis) выберите **Анализ данных** (Data Analysis), а затем в списке — инструмент **Корреляция** (Correlation). Перед использованием этого инструмента необходимо установить пакет анализа (см. описание в главах 41 и 42). Нажмите кнопку **ОК** и заполните данным диалоговое окно **Корреляция** (Correlation), как показано на рис. 56.5.

Самый простой способ задать исходный диапазон состоит в следующем: выберите левый верхний угол диапазона (B51), нажмите клавиши <Ctrl>+<Shift>+<→>, а за-

	A	B	C	D	E	F
51	Дата	MSFT	GE	INTC	GM	CSCO
52	30.03.1990	0,122	0,040	0,037	0,022	0,011
53	30.04.1990	0,047	-0,004	-0,054	-0,035	0,011
54	31.05.1990	0,259	0,084	0,222	0,116	0,042
55	29.06.1990	0,041	0,005	-0,026	-0,021	0,071
56	31.07.1990	-0,125	0,034	-0,053	-0,021	-0,038
57	31.08.1990	-0,075	-0,134	-0,250	-0,131	-0,029
58	28.09.1990	0,024	-0,113	-0,004	-0,088	-0,091
59	31.10.1990	0,012	-0,046	0,008	0,014	0,311
60	30.11.1990	0,133	0,053	0,119	0,014	0,339
61	31.12.1990	0,042	0,057	0,027	-0,058	0,136
62	31.01.1991	0,304	0,115	0,188	0,055	0,304
63	28.02.1991	0,057	0,070	0,044	0,101	-0,043
64	28.03.1991	0,023	0,024	-0,021	-0,044	-0,129
65	30.04.1991	-0,067	0,016	0,053	-0,053	0,221
66	31.05.1991	0,109	0,099	0,132	0,217	0,084
67	28.06.1991	-0,069	-0,042	-0,166	-0,055	-0,054
68	31.07.1991	0,079	-0,010	0,011	-0,025	0,287
69	30.08.1991	0,160	0,022	0,053	-0,034	0,156

Рис. 56.4. Ежемесячный доход от акций за 1990-е годы

тем клавиши <Ctrl>+<Shift>+<↓>. Если первая строка диапазона исходных данных содержит метки, установите флажок **Метки в первой строке** (Labels in first row). Введите ячейку H52 как левую верхнюю ячейку диапазона выходных данных и нажмите кнопку **ОК**. Полученный результат представлен на рис. 56.6.

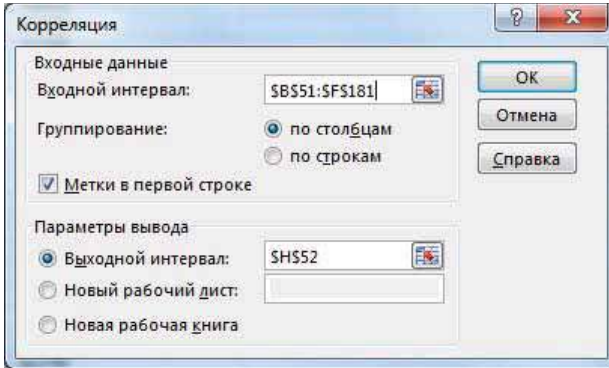


Рис. 56.5. Диалоговое окно Корреляция

	H	I	J	K	L	M
52		<i>MSFT</i>	<i>GE</i>	<i>INTC</i>	<i>GM</i>	<i>CSCO</i>
53	<i>MSFT</i>	1,000				
54	<i>GE</i>	0,445	1,000			
55	<i>INTC</i>	0,517	0,324	1,000		
56	<i>GM</i>	0,069	0,380	0,317	1,000	
57	<i>CSCO</i>	0,513	0,376	0,488	0,159	1,000
58						

Рис. 56.6. Корреляция доходов от акций

Например, коэффициент корреляции между акциями Cisco и Microsoft равен 0,513, в то время как коэффициент корреляции между акциями GM и Microsoft равен 0,069. Этот анализ показывает, что доходы от акций Cisco, Intel и Microsoft наиболее тесно связаны между собой. Поскольку коэффициент корреляции между каждой парой этих акций приблизительно равен 0,5, эти акции проявляют умеренную положительную зависимость. Другими словами, если одна акция приносит доход выше среднего, вполне вероятно (но не обязательно), что другие акции также принесут доход выше среднего. Так как доходы от акций Cisco, Intel и Microsoft тесно связаны с капиталовложениями в технологию, их довольно сильная корреляция не является неожиданной. Рисунок также показывает, что ежемесячные доходы от акций Microsoft и GM практически некоррелированы. Это говорит о том, что на основании дохода выше среднего от акции Microsoft невозможно предсказать, принесет ли акция GM доход выше или ниже среднего. Как и в предыдущем случае, это неудивительно, поскольку GM не является высокотехнологичной компанией, и поэтому она более восприимчива к превратностям делового цикла.

## Заполнение корреляционной матрицы

Как было показано в примере, некоторые ячейки корреляционной матрицы остались пустыми. Например, коэффициент корреляции между акциями Microsoft и GE (который равен коэффициенту корреляции между акциями GE и Microsoft) был опущен. Если необходимо заполнить всю корреляционную матрицу, выделите матрицу, щелкните правой кнопкой мыши и выберите команду **Копировать** (Copy). Щелкните правой кнопкой мыши по свободной части листа и выберите **Специальная вставка** (Paste Special). В диалоговом окне **Специальная вставка** (Paste Special) установите флажок **транспонировать** (Transpose). Строки и столбцы данных поменяются местами. Теперь выделите транспонированную матрицу, щелкните правой кнопкой мыши и выберите команду **Копировать** (Copy). Выделите исходную корреляционную матрицу, щелкните правой кнопкой мыши и снова выберите **Специальная вставка** (Paste Special). В диалоговом окне **Специальная вставка** (Paste Special) установите флажок **Пропускать пустые ячейки** (Skip Blanks) и нажмите кнопку **ОК**. Транспонированные данные будут скопированы в исходную матрицу за исключением пустых ячеек. Полная корреляционная матрица представлена на рис. 56.7.

	H	I	J	K	L	M	N
48		функция корреляции					
49		0,159					
50							
51		Полная корреляционная матрица					
52		<i>Дата</i>	<i>MSFT</i>	<i>GE</i>	<i>INTC</i>	<i>GM</i>	<i>CSCO</i>
53	<i>Дата</i>	1,000	-0,101	0,073	-0,019	0,011	-0,126
54	<i>MSFT</i>	-0,101	1,000	0,445	0,517	0,069	0,513
55	<i>GE</i>	0,073	0,445	1,000	0,324	0,380	0,376
56	<i>INTC</i>	-0,019	0,517	0,324	1,000	0,317	0,488
57	<i>GM</i>	0,011	0,069	0,380	0,317	1,000	0,159
58	<i>CSCO</i>	-0,126	0,513	0,376	0,488	0,159	1,000
59							
60							
61		1,000	-0,101	0,073	-0,019	0,011	-0,126
62			1,000	0,445	0,517	0,069	0,513
63				1,000	0,324	0,380	0,376
64					1,000	0,317	0,488
65						1,000	0,159
66							1,000
67							
68		Транспонированная матрица					

Рис. 56.7. Полная корреляционная матрица

## Функция **КОРРЕЛ**

В качестве альтернативы инструменту **Корреляция** (Correlation) из пакета анализа можно предложить функцию **КОРРЕЛ** (CORREL). Например, коэффициент корреляции между ежемесячным доходом от акции Cisco (показанным в столбце F) и доходом от акции GM (показанным в столбце E), вычисленный в ячейке I49 по формуле =КОРРЕЛ(E52:E181;F52:F181), также равен 0,159.



## Связь между коэффициентом корреляции и $R^2$

В главе 53 было вычислено значение  $R^2$  для количества произведенной продукции и ежемесячных эксплуатационных расходов — 0,688. Как это значение связано с коэффициентом корреляции между количеством произведенной продукции и ежемесячными эксплуатационными расходами? Коэффициент корреляции между двумя наборами данных равен:

$$\sqrt{\text{значение } R^2}$$

для линии тренда, где знак для квадратного корня такой же, как знак наклона линии тренда. Таким образом, коэффициент корреляции между количеством произведенной продукции и ежемесячными эксплуатационными расходами для данных из главы 53 равен

$$+\sqrt{0,688} = +0,829.$$

## Корреляция и регрессия к среднему

Возможно, вам знакома фраза "регрессия к среднему". По сути, она означает, что прогнозируемое значение зависимой переменной будет в некотором смысле ближе к среднему значению этой переменной, чем значение независимой переменной к ее среднему значению. Точнее, пусть требуется спрогнозировать значения зависимой переменной  $y$  по значениям независимой переменной  $x$ . Если  $x$  равно  $k$  стандартных отклонений от среднего, прогнозом для  $y$  будет  $rk$  стандартных отклонений от среднего. (Здесь  $r$  — коэффициент корреляции между  $x$  и  $y$ .) Поскольку значение  $r$  находится в пределах между  $-1$  и  $+1$ , это означает, что  $y$  имеет меньшее стандартное отклонение от среднего, чем  $x$ . Это истинное определение "регрессии к среднему". Интересное применение "регрессии к среднему" см. в задании 5.

## Задание

Данные к заданиям 1—3 находятся в файле Ch56data.xlsx.

1. На листе Problem 1 перечислено количество автомобилей, каждый день запаркованных как на открытой, так и закрытой автостоянке возле бизнес-школы Kelley School of Business Университета Индианы. Найдите коэффициент корреляции и объясните корреляцию между количеством автомобилей, запаркованных на открытой и закрытой стоянках.
2. На листе Problem 2 указаны ежедневные объемы продаж (в долларах) для лазерных принтеров, картриджей и канцелярских принадлежностей. Найдите коэффициенты корреляции и объясните корреляцию между этими величинами.
3. На листе Problem 3 показаны годовые доходы по акциям, казначейским векселям и облигациям. Найдите коэффициенты корреляции и объясните корреляцию между годовыми доходами по этим трем классам инвестиций.

И еще два задания.

4. В файле Dow.xlsx находятся ежемесячные данные о доходах по 30 акциям, входящим в индекс Доу—Джонса. Найдите коэффициенты корреляции для всех акций. Затем для каждой акции с помощью условного форматирования выделите три акции, наиболее коррелированные с этой акцией. (Безусловно, корреляция акции с ней самой не должна быть выделена.)
5. Команды НФЛ проводят в регулярном сезоне 16 игр. Предположим, что стандартное отклонение от количества выигранных игр для всех команд равно 2, и коэффициент корреляции между количеством выигранных командой игр в двух подряд идущих сезонах равен 0,5. Если команда идет в регулярном сезоне со счетом 12:4, каков наилучший прогноз для количества игр, которые команда выиграет в следующем сезоне?



# Введение во множественную регрессию

### Обсуждаемые вопросы

- ◆ Завод выпускает три продукта. Как спрогнозировать эксплуатационные расходы завода на основе количества производимой продукции?
- ◆ Насколько точен прогноз для ежемесячных расходов на основе количества произведенной продукции?
- ◆ Множественную регрессию можно запустить командой **Анализ данных**. Существует ли способ запустить регрессионный анализ без этой команды и поместить результаты регрессии на тот же лист, где находятся данные?

### Ответы на вопросы

---

В этом разделе приведены ответы на вопросы, перечисленные в начале главы.

#### **Завод выпускает три продукта. Как спрогнозировать эксплуатационные расходы завода на основе количества производимой продукции?**

В главах 53—55 описано, как в Microsoft Excel 2013 с помощью кривой тренда прогнозировать одну переменную ( $y$  или *зависимую* переменную) по другой переменной ( $x$  или *независимой* переменной). Однако довольно часто значение зависимой переменной приходится предсказывать на основе нескольких независимых переменных ( $x_1, x_2, \dots, x_n$ ). В таких случаях оценить зависимость можно либо с помощью инструмента **Регрессия** в пакете Excel **Анализ данных** (Data Analysis), либо посредством функции **ЛИНЕЙН** (LINEST).

Множественная регрессия предполагает, что зависимость между  $y$  и  $x_1, x_2, \dots, x_n$  имеет следующий вид:

$$y = \text{константа} + B_1x_1 + B_2x_2 + \dots + B_nx_n.$$

Для составления наиболее точного (в смысле минимизации суммы квадратичных ошибок) прогноза по этому уравнению в Excel вычисляются значения *константа*,  $B_1, B_2, \dots, B_n$ . Работа множественной регрессии продемонстрирована в следующем примере.

Лист *Data* в файле *Mrcostest.xlsx* (рис. 57.1) содержит эксплуатационные расходы завода за 19 месяцев, а также количество произведенного продукта А, продукта В и продукта С в каждом месяце.

	A	B	C	D	E
3	Месяц	Расходы	Количество А	Количество В	Количество С
4	1	44439	515	541	928
5	2	43936	929	692	711
6	3	44464	800	710	824
7	4	41533	979	675	758
8	5	46343	1165	1147	635
9	6	44922	651	939	901
10	7	43203	847	755	580
11	8	43000	942	908	589
12	9	40967	630	738	682
13	10	48582	1113	1175	1050
14	11	45003	1086	1075	984
15	12	44303	843	640	828
16	13	42070	500	752	708
17	14	44353	813	989	804
18	15	45968	1190	823	904
19	16	47781	1200	1108	1120
20	17	43202	731	590	1065
21	18	44074	1089	607	1132
22	19	44610	786	513	839

Рис. 57.1. Данные для прогноза по ежемесячным эксплуатационным расходам

Требуется найти лучший прогноз для ежемесячных эксплуатационных расходов в следующем виде (называемом *Вид 1*):

$$\text{ежемесячные эксплуатационные расходы} = \text{константа} + B_1 \times (\text{количество А}) + B_2 \times (\text{количество В}) + B_3 \times (\text{количество С}).$$

**Анализ данных** (Data Analysis) в Excel позволяет найти уравнение такого вида, наиболее точно соответствующее данным. На вкладке **ДААННЫЕ** (DATA) в группе **Анализ** (Analysis) щелкните по кнопке **Анализ данных** (Data Analysis) и затем выберите инструмент **Регрессия** (Regression). Заполните данными диалоговое окно **Регрессия** (Regression), как показано на рис. 57.2.

#### ПРИМЕЧАНИЕ

Если **Пакет анализа** (Analysis ToolPak) не был установлен ранее, на вкладке **ФАЙЛ** (FILE) выберите команду **Параметры** (Options) и затем **Надстройки** (Add-Ins). В списке **Управление** (Manage) выберите **Надстройки Excel** (Excel Add-ins) и нажмите кнопку **Перейти** (Go). Установите флажок **Пакет анализа** (Analysis ToolPak) и нажмите кнопку **ОК**.

- ◆ Входной интервал  $Y$  (B3:B22 в этом примере) содержит зависимую переменную или данные (включая метку **Расходы**), которые требуется предсказать.
- ◆ Входной интервал  $X$  (C3:E22) содержит данные или независимые переменные (включая метки **Количество А**, **Количество В** и **Количество С**), которые требуется использовать в прогнозе. В Excel установлено ограничение — 15 независимых переменных, которые должны находиться в соседних столбцах.
- ◆ Поскольку оба входных интервала  $X$  и  $Y$  включают метки, установлен флажок **Метки** (Labels).
- ◆ Выходные данные помещены на новый лист с именем **Регрессия**.

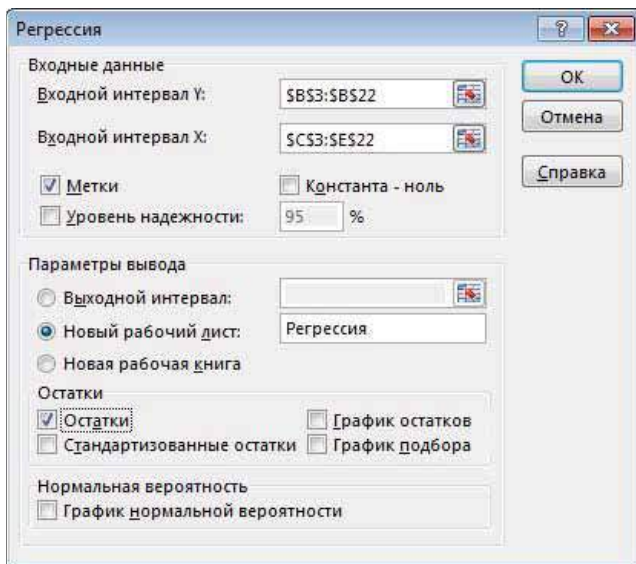


Рис. 57.2. Диалоговое окно Регрессия

- ◆ При установленном флажке **Остатки** (Residuals) для каждого наблюдения вычисляется прогноз (по уравнению *Вида 1*) и остатки, равные разности между фактическими и прогнозируемыми расходами.

После нажатия в диалоговом окне **Регрессия** (Regression) кнопки **ОК** на листе Регрессия появятся выходные данные, представленные на рис. 57.3 и 57.4.

	A	B	C	D	E	F	G
1	<b>Вывод итогов</b>						
2							
3	<i>Регрессионная статистика</i>						
4	Множественный R	0,803398744					
5	R-квадрат	0,645449542					
6	Нормированный R-квдр	0,57453945					
7	Стандартная ошибка	1252,763898					
8	Наблюдения	19					
9							
10	<b>Дисперсионный анализ</b>						
11		<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>	
12	Регрессия	3	42856229,89	14285409,96	9,1023651	0,00112653	
13	Остаток	15	23541260,74	1569417,383			
14	Итого	18	66397490,63				
15							
16		<i>Коэффициенты</i>	<i>стандартная ошибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние 95%</i>
17	Y-пересечение	35102,90045	1837,226911	19,10645889	6,112E-12	31186,944	39018,857
18	Количество A	2,065953296	1,664981779	1,240826369	0,2337268	-1,4828714	5,614778
19	Количество B	4,176355531	1,681262566	2,484073849	0,0252878	0,59285051	7,7598605
20	Количество C	4,790641037	1,789316107	2,677358695	0,0172226	0,97680403	8,604478

Рис. 57.3. Первоначальный вывод итогов множественной регрессии

Каково наилучшее уравнение прогноза? В столбце *Коэффициенты* (столбец B вывода итогов) показано, что наилучшим уравнением *Вида 1*, по которому можно прогнозировать ежемесячные эксплуатационные расходы, является следующее уравнение:

$$\text{прогнозируемые расходы} = 35102,90 + 2,07 \times (\text{количество А}) + \\ + 4,18 \times (\text{количество В}) + 4,79 \times (\text{количество С}).$$

Возникает естественный вопрос: какие независимые переменные следует применять для прогноза ежемесячных эксплуатационных расходов? В конце концов, если в качестве независимой переменной выбрать количество игр, выигранных командой Seattle Mariners за месяц, можно ожидать, что эта переменная вряд ли будет иметь влияние на прогнозируемые ежемесячные эксплуатационные расходы. При запуске регрессионного анализа каждая независимая переменная имеет  $p$ -значение между 0 и 1. Любая независимая переменная с  $p$ -значением (см. столбец E) не больше 0,05 считается приемлемой для прогноза зависимой переменной. Таким образом, чем меньше  $p$ -значение, тем выше прогнозирующая способность независимой переменной. Здесь три независимых переменных имеют следующие  $p$ -значения: 0,23 (для количества произведенного продукта А), 0,025 (для продукта В) и 0,017 (для продукта С). Эти  $p$ -значения можно интерпретировать следующим образом.

- ◆ При использовании для прогноза ежемесячных эксплуатационных расходов количеств продуктов В и С количество произведенного продукта А увеличивает прогнозирующую способность с вероятностью 77% ( $1 - 0,23$ ).
- ◆ При использовании для прогноза ежемесячных эксплуатационных расходов количеств продуктов А и С количество произведенного продукта В увеличивает прогнозирующую способность с вероятностью 97,5% ( $1 - 0,025$ ).
- ◆ При использовании для прогноза ежемесячных эксплуатационных расходов количеств продуктов А и В количество произведенного продукта С увеличивает прогнозирующую способность с вероятностью 98,3% ( $1 - 0,017$ ).

	А	В	С
24	<b>ВЫВОД ОСТАТКА</b>		
25			
26	<i>Наблюдение</i>	<i>Предсказанное Расходы</i>	<i>Остатки</i>
27	1	42871,98962	1567,010379
28	2	43318,35487	617,6451343
29	3	43668,36373	795,6362727
30	4	43575,81462	-2042,814615
31	5	45342,07289	1000,927109
32	6	44685,80146	236,1985373
33	7	42784,48312	418,516882
34	8	43662,84685	-662,8468468
35	9	42753,81859	-1786,818595
36	10	47339,69731	1242,302695
37	11	46550,0987	-1547,098705
38	12	43484,0174	818,982604
39	13	42668,27031	-598,2703105
40	14	44764,61149	-411,6114926
41	15	45329,26497	638,7350292
42	16	47574,96429	206,0357059
43	17	44179,19478	-977,1947761
44	18	45310,77705	-1236,77705
45	19	42888,55796	1721,442043

Рис. 57.4. Первоначальный вывод остатков множественной регрессии

$p$ -значения показывают, что количество продукта А незначительно увеличивает прогнозирующую способность для продуктов В и С. Это означает, что если количество продуктов В и С известно, ежемесячные эксплуатационные расходы можно предсказать почти так же, как если бы количество продукта А было включено в качестве независимой переменной. Следовательно, количество продукта А как независимую переменную можно удалить и использовать для прогноза только количества продуктов В и С. Скопируйте данные на лист **Столбец А удален** и удалите столбец **Количество А** (столбец С). Измените параметр **Входной интервал Х** (С3:D22) — см. рис. 57.2. На новом листе, например с именем **Без столбца А**, появятся результаты регрессии (рис. 57.5 и 57.6).

	A	B	C	D	E	F
1	<b>ВЫВОД ИТОГОВ</b>					
2						
3	<b>Регрессионная статистика</b>					
4	Множественный R	0,780421232				
5	R-квадрат	0,609057299				
6	Нормированный R-кв	0,560189461				
7	Стандартная ошибка	1273,715391				
8	Наблюдения	19				
9						
10	<b>Дисперсионный анализ</b>					
11		<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>
12	Регрессия	2	40439876,29	20219938,14	12,483357	0,00054564
13	Остаток	16	25957814,34	1622350,896		
14	Итого	18	66397490,63			
15						
16		<i>Коэффициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>
17	Y-пересечение	35475,30255	1842,860853	19,25012543	1,723E-12	31568,6121
18	Количество В	5,320968077	1,429095476	3,72331182	0,0018491	2,29142101
19	Количество С	5,417137848	1,745311646	3,103822668	0,006825	1,71724244

Рис. 57.5. Вывод итогов множественной регрессии без количества продукта А как независимой переменной

Как видно из рисунка, переменные для количеств продуктов В и С имеют очень низкие  $p$ -значения (0,002 и 0,007, соответственно). Эти значения показывают, что обе независимые переменные обладают значительной прогнозирующей способностью. Новые коэффициенты в столбце В позволяют прогнозировать ежемесячные эксплуатационные расходы с помощью следующего уравнения:

$$\begin{aligned} \text{прогнозируемые ежемесячные эксплуатационные расходы} = \\ = 35475,3 + 5,32 \times (\text{количество В}) + 5,42 \times (\text{количество С}). \end{aligned}$$

**Насколько точен прогноз для ежемесячных расходов на основе количества произведенной продукции?**

В выходных данных регрессии в ячейке В5 листа **Без столбца А** (см. рис. 57.5) значение  $R^2$  равно 0,61. Такое  $R^2$  означает, что вместе количество продуктов В и С объясняют 61% отклонений в ежемесячных эксплуатационных расходах. Обратите внимание, что в первоначальных выходных данных регрессии, которые включали количество продукта А как независимую переменную,  $R^2$  равно 0,65. Это означает,



	А	В	С
23	ВЫВОД ОСТАТКА		
24			
25	<i>Наблюдение</i>	<i>Предсказанное Расходы</i>	<i>Остатки</i>
26	1	43381,05021	1057,949794
27	2	43008,99747	927,002527
28	3	43716,91148	747,0885248
29	4	43173,14649	-1640,146495
30	5	45018,33547	1324,664528
31	6	45352,53278	-430,5327792
32	7	42634,5734	568,4265963
33	8	43497,43576	-497,4357601
34	9	43096,66501	-2129,665007
35	10	47415,43478	1166,565215
36	11	46525,80688	-1522,806879
37	12	43366,11226	936,8877388
38	13	43312,00414	-1242,004144
39	14	45093,11881	-740,1188117
40	15	44751,5519	1216,448104
41	16	47438,12957	342,8704271
42	17	44383,92553	-1181,925527
43	18	44837,33022	-763,3302206
44	19	42749,93783	1860,062168

Рис. 57.6. Вывод остатка без количества продукта А как независимой переменной

что добавление количества продукта А как независимой переменной объясняет еще только 4% отклонений в ежемесячных эксплуатационных расходах. Такая незначительная разница согласуется с решением удалить количество продукта А как независимую переменную.

В выходных данных регрессии в ячейке В7 листа Без столбца А стандартная ошибка для регрессии с количеством продуктов В и С в качестве независимых переменных равна 1274. Можно ожидать, что примерно 68% прогноза по уравнению множественной регрессии будет точным в пределах одной стандартной ошибки и 95% прогноза будет точным в пределах двух стандартных ошибок. Любой прогноз, отличающийся от фактического значения более чем на две стандартных ошибки, считается выбросом. Таким образом, если прогнозируемые эксплуатационные расходы по ошибке превышают 2548 долларов ( $2 \times 1274$ ), такое наблюдение следует считать выбросом.

В части выходных данных с остатками, представленной ранее на рис. 57.6, для каждого наблюдения приведены предсказанные расходы и остатки, эквивалентные разности фактических и предсказанных расходов. Например, для первого наблюдения предсказанные расходы составляют 43 381,10 долларов. Остаток 1057,95 долларов означает, что прогноз был ниже фактических расходов на 1057,95 долл.

**Множественную регрессию можно запустить командой *Анализ данных*. Существует ли способ запустить регрессионный анализ без этой команды и поместить результаты регрессии на тот же лист, где находятся данные?**

Для вставки результатов регрессионного анализа непосредственно в книгу можно применить функцию Excel *ЛИНЕЙН* (LINEST). Функция *ЛИНЕЙН* является примером функ-

ции, возвращающей массив. (Для получения дополнительной информации о функциях и формулах, возвращающих массив, см. главу 87.) Пока что достаточно краткого обзора таких функций.

- ◆ Перед вводом функции, возвращающей массив, необходимо выделить диапазон ячеек, в который будут помещены результаты работы функции.
- ◆ Для завершения ввода функции, возвращающей массив, и выполнения расчета необходимо вместо клавиши <Enter> нажать комбинацию клавиш <Ctrl>+<Shift>+<Enter>.
- ◆ После того как функция, возвращающая массив, введена, при выборе ячейки с результатами работы функции в строке формул появятся фигурные скобки. Эти фигурные скобки означают, что результаты в ячейке были получены при помощи функции, возвращающей массив.
- ◆ В любой части диапазона, созданного функцией, возвращающей массив, изменить данные невозможно.

При наличии  $m$  независимых переменных начните с выделения пустого диапазона ячеек, состоящего из пяти строк и  $m + 1$  столбца, в котором будут размещены результаты работы функции ЛИНЕЙН. Для этой цели на листе Столбец А удален используется диапазон F5:H9.

Синтаксис функции: ЛИНЕЙН(известные\_значения\_Y; известные\_значения\_X; ИСТИНА; ИСТИНА). Если указать для третьего аргумента ЛОЖЬ, уравнение будет решено без свободного члена. Если указать ЛОЖЬ для четвертого аргумента, многие вычисления регрессионного анализа будут опущены, и функция ЛИНЕЙН возвратит только уравнение множественной регрессии.

Выделите на листе Столбец А удален диапазон необходимого размера (в данном случае F5:H9) и введите формулу =ЛИНЕЙН(B4:B22; C4:D22; ИСТИНА; ИСТИНА). В этот момент, поскольку функция ЛИНЕЙН является функцией, возвращающей массив, для правильной работы функции нажмите клавишу <Enter>, удерживая клавиши <Ctrl>+<Shift>. В выделенном диапазоне появятся результаты, показанные на рис. 57.7. (См. лист Столбец А удален.)

	F	G	H
4			Функция ЛИНЕЙН
5	5,417137848	5,320968077	35475,30255
6	1,745311646	1,429095476	1842,860853
7	0,609057299	1273,715391	#Н/Д
8	12,46335684	16	#Н/Д
9	40439876,29	25957614,34	#Н/Д
10			
11	Козф. кол-во С	Козф. кол-во В	Константа
12	Станд. ош. С	Станд. ош. В	Станд. ош. конст.
13	R квадрат	Станд. ош. регр.	
14	F-статистика	df степени свободы	
15	сумма квадр. регр	сумма квадр. остат.	

Рис. 57.7. Множественная регрессия с функцией ЛИНЕЙН

В строке 5 находится уравнение прогноза (коэффициенты перечислены справа налево, начиная с начальной ординаты):

$$\text{прогнозируемые ежемесячные расходы} = 35\,475,3 + 5,32 \times (\text{количество В}) + \\ + 5,43 \times (\text{количество С}).$$

Строка 6 содержит стандартные ошибки для каждого вычисленного коэффициента, но они не слишком актуальны. Ячейка F7 содержит значение  $R^2$  — 0,61, а в ячейке G7 находится стандартная ошибка регрессии — 1 274. Строки 8 и 9 содержат менее важную информацию ( $F$ -статистику, степени свободы, сумму квадратов регрессии и сумму квадратов остатков).

#### **ПРИМЕЧАНИЕ**

Задания для дальнейшего изучения множественной регрессии находятся в конце главы 59.

# Включение качественных факторов во множественную регрессию

### Обсуждаемые вопросы

- ◆ Как предсказать квартальные продажи автомобилей в США?
- ◆ Как предсказать президентские выборы в США?
- ◆ Посредством какой функции Excel можно составить прогноз по уравнению множественной регрессии?

В *главе 57* в первом примере с использованием множественной регрессии ежемесячные эксплуатационные расходы завода были спрогнозированы на основе количества каждого продукта, произведенного на заводе. Поскольку количество произведенной на заводе продукции можно подсчитать точно, к количествам продукта А, продукта В и продукта С можно относиться как к независимым количественным переменным. Однако во многих случаях независимые переменные быстро определить количественно невозможно. В *данной главе* рассматриваются способы включения во множественный регрессионный анализ качественных факторов, таких как сезонность, пол или партия кандидата в президенты.

### Ответы на вопросы

---

В этом разделе приведены ответы на вопросы, перечисленные в начале главы.

#### Как предсказать квартальные продажи автомобилей в США?

Пусть требуется предсказать квартальные продажи автомобилей в США с целью определить влияние квартала года на объемы продаж. Данные, показанные на рис. 58.1, приведены в файле Autotemp.xlsx на листе Data. Объемы продаж указаны в тысячах штук, а валовой национальный продукт — в миллиардах долларов.

Можно было бы попытаться определить независимую переменную как 1 для первого квартала, 2 для второго квартала и т. д. К сожалению, при таком подходе четвертый квартал превосходил бы по эффективности первый квартал в четыре раза, что не может быть правдой. Квартал года — это независимая качественная переменная. При моделировании независимой качественной переменной создается независимая переменная, называемая *фиктивной* переменной, для всех, кроме одного, возможных значений качественной переменной. (Невключаемое значение выбирается произвольным образом. В данном примере опущен четвертый квартал.) Фиктивные переменные показывают, какое значение качественной переменной имеет место.

Таким образом, фиктивные переменные для первого, второго и третьего кварталов обладают следующими свойствами:

- ◆ фиктивная переменная для первого квартала равна 1, если квартал является первым кварталом, и равна 0 в противном случае;
- ◆ фиктивная переменная для второго квартала равна 1, если квартал является вторым кварталом, и равна 0 в противном случае;
- ◆ фиктивная переменная для третьего квартала равна 1, если квартал является третьим кварталом, и равна 0 в противном случае.

	A	B	C	D	E	F
9	Статистические данные					
10	Год	Квартал	Продажи	ВВП	Безработица	Процент
11	79	1	Продажи	2541	5,9	9,4
12	79	2	2910	2640	5,7	9,4
13	79	3	2562	2595	5,9	9,7
14	79	4	2385	2701	6	11,9
15	80	1	2520	2785	6,2	13,4
16	80	2	2142	2509	7,3	9,6
17	80	3	2130	2570	7,7	9,2
18	80	4	2190	2667	7,4	13,6
19	81	1	2370	2878	7,4	14,4
20	81	2	2208	2835	7,4	15,3
21	81	3	2196	2897	7,4	15,1
22	81	4	1758	2744	8,3	11,8
23	82	1	1944	2582	8,8	12,8
24	82	2	2094	2613	9,4	12,4
25	82	3	1911	2529	10	9,3
26	82	4	2031	2544	10,7	7,9
27	83	1	2046	2633	10,4	7,8
28	83	2	2502	2878	10,1	8,4
29	83	3	2238	3051	9,4	9,1
30	83	4	2394	3274	8,5	8,8
31	84	1	2586	3594	7,9	9,2
32	84	2	2898	3774	7,5	9,8

Рис. 58.1. Данные о продажах автомобилей

Наблюдения для четвертого квартала будут идентифицироваться по тому факту, что фиктивные переменные для кварталов с первого по третий равны 0. Теперь понятно, почему не нужна фиктивная переменная для четвертого квартала. Фактически если включить в регрессию фиктивную переменную для четвертого квартала как независимую переменную, Microsoft Excel возвратит сообщение об ошибке, поскольку если между любым набором независимых переменных существует точная линейная зависимость, то в ходе множественной регрессии в Excel должен быть выполнен математический эквивалент деления на 0 (что невозможно). Если в этом примере включить фиктивную переменную для четвертого квартала, каждая точка данных будет удовлетворять следующей точной линейной зависимости:

$$(\text{фиктивная переменная } 1) + (\text{фиктивная переменная } 2) + (\text{фиктивная переменная } 3) + (\text{фиктивная переменная } 4) = 1.$$

**ПРИМЕЧАНИЕ**

Точная линейная зависимость возникает в случае, если существуют константы  $c_0, c_1, \dots, c_N$ , такие что для каждой точки данных  $c_0 + c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_Nx_N = 0$ . Здесь  $x_1, \dots, x_N$  — значения независимых переменных.

Создайте фиктивную переменную для первого квартала, скопировав формулу =ЕСЛИ(B12=1;1;0) из G12 в G13:G42. По этой формуле в столбец G записывается значение 1, если квартал является первым кварталом, и 0, если квартал не является первым кварталом. Аналогично создайте фиктивные переменные для второго квартала (в H12:H42) и третьего (в I12:I42). Результат представлен на рис. 58.2.

	G	H	I	J	K	L
10	Кв.1	Кв.2	Кв.3	ВНП с отстав.	Безработица с отстав.	Процент с отставан.
11	Кв.1	Кв.2	Кв.3	ВНП с отстав.	Безработица с отстав.	Процент с отставан.
12	0	1	0	2541	5,9	9,4
13	0	0	1	2640	5,7	9,4
14	0	0	0	2595	5,9	9,7
15	1	0	0	2701	6	11,9
16	0	1	0	2785	6,2	13,4
17	0	0	1	2509	7,3	9,6
18	0	0	0	2570	7,7	9,2
19	1	0	0	2667	7,4	13,6
20	0	1	0	2878	7,4	14,4
21	0	0	1	2835	7,4	15,3
22	0	0	0	2897	7,4	15,1
23	1	0	0	2744	8,3	11,8
24	0	1	0	2582	8,8	12,8
25	0	0	1	2613	9,4	12,4
26	0	0	0	2529	10	9,3
27	1	0	0	2544	10,7	7,9
28	0	1	0	2633	10,4	7,8
29	0	0	1	2878	10,1	8,4
30	0	0	0	3051	9,4	9,1
31	1	0	0	3274	8,5	8,8
32	0	1	0	3594	7,9	9,2

Рис. 58.2. Фиктивные переменные для определения квартала, в котором произошла продажа

Для прогноза по объему продаж автомобилей в дополнение к сезонности можно ввести макроэкономические переменные, такие как валовой национальный продукт (ВНП, в миллиардах долларов 1986 года), ставки процента и уровень безработицы. Предположим, например, что требуется оценить объем продаж за второй квартал 1979 г. Поскольку значения для ВНП, ставки процента и уровня безработицы в начале второго квартала в 1979 г. не известны, прогнозировать объемы продаж второго квартала 1979 г. на основе значений ВНП, ставки процента и уровня безработицы во втором квартале 1979 г. невозможно. Вместо них для прогнозирования продаж автомобилей следует использовать значения ВНП, ставки процента и уровня безработицы с отставанием на один квартал. Например, скопируйте формулу =D11 из J12 в J12:L42 для создания значения с отставанием для ВНП, первой из независимых макроэкономических переменных. Диапазон J12:L12 содержит ВРП, уровень безработицы и ставку процента для первого квартала 1979 г.

Теперь можно запустить множественную регрессию. На вкладке **ДАННЫЕ** (DATA) выберите **Анализ данных** (Data Analysis), затем в диалоговом окне **Анализ данных** (Data Analysis) выберите **Регрессия** (Regression). Укажите C11:C42 как **Входной интервал Y** (Input Y Range) и G11:L42 как **Входной интервал X** (Input X Range), установите флажок **Метки** (Labels), т. к. строка 11 содержит метки, и флажок **Остатки** (Residuals). Введите имя нового листа и нажмите кнопку **ОК** для получения выходных данных (см. лист Regression и рис. 58.3—58.5).

	A	B	C	D	E	F
1	<b>ВЫВОД ИТОГОВ</b>					
2						
3	<i>Регрессионная статистика</i>					
4	Множественный R	0,884139126				
5	R-квадрат	0,781701994				
6	Нормированный R-кв:	0,727127492				
7	Стандартная ошибка	190,5240756				
8	Наблюдения	31				
9						
10	<i>Дисперсионный анализ</i>					
11		<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>
12	Регрессия	6	3119625,193	519937,5322	14,3235755	6,79746E-07
13	Остаток	24	871186,1616	36299,4234		
14	Итого	30	3990811,355			

**Рис. 58.3.** Итоги регрессии и таблица дисперсионного анализа для данных по объему продаж автомобилей

На рис. 58.4 показано, что уравнение (уравнение 1) для прогноза квартальных продаж автомобилей должно иметь вид:

$$\begin{aligned} & \text{прогнозируемые квартальные продажи} = \\ = & 3154,7 + 156,833 \times Q_1 + 379,784 \times Q_2 + 203,036 \times Q_3 + 0,174 \times (\text{ВВП с отставанием} \\ & \text{в млрд долл.}) - 93,83 \times (\text{уровень безработицы с отставанием}) - 73,91 \times (\text{ставка} \\ & \text{процента с отставанием}). \end{aligned}$$

	A	B	C	D	E	F	G
16	<i>Коэффициенты</i> <i>Стандартная ошибка</i> <i>t-статистика</i> <i>P-Значение</i> <i>Нижние 95%</i> <i>Верхние 95%</i>						
17	Y-пересечение	3154,700285	462,6530922	6,818716525	4,7214E-07	2199,831234	4109,56934
18	Кв.1	156,833091	98,87110703	1,586237838	0,12577452	-47,22684456	360,893027
19	Кв.2	379,7835116	96,08921514	3,95240518	0,0005942	181,4651187	578,101905
20	Кв.3	203,035501	95,40891864	2,128055783	0,04380063	6,121171081	399,949831
21	ВВП с отстав.	0,174156906	0,05842	2,981117865	0,0064902	0,053583952	0,29472986
22	Безработица с отстав.	-93,83233214	28,32328716	-3,312904029	0,00291849	-152,2887238	-35,375941
23	Процент с отстав.	-73,9167147	17,78851573	-4,155305356	0,00035562	-110,6304067	-37,203023

**Рис. 58.4.** Информация о коэффициентах регрессии для продаж автомобилей

Кроме того, как видно из рис. 58.4, *p*-значение каждой независимой переменной не превышает 0,15. На основании этого можно сделать вывод, что все независимые переменные имеют значительное влияние на квартальные продажи автомобилей. Все коэффициенты в уравнении регрессии интерпретируются *ceteris paribus* — при

прочих равных условиях (это означает, что каждый коэффициент независимой переменной оказывает влияние после устранения влияния всех других переменных уравнения регрессии).

Далее даны пояснения к каждому коэффициенту.

- ◆ Увеличение в предыдущем квартале ВВП на 1 млрд долларов повышает квартальный объем продаж автомобилей на 174 шт.
- ◆ Увеличение в предыдущем квартале уровня безработицы на 1% уменьшает квартальный объем продаж автомобилей на 93 832 шт.
- ◆ Увеличение в предыдущем квартале ставки процента на 1% уменьшает квартальный объем продаж автомобилей на 73 917 шт.

При объяснении коэффициентов фиктивных переменных следует помнить, что они свидетельствуют о влиянии сезонности без учета влияния на значения качественных переменных. Таким образом:

- ◆ в первом квартале объем продаж автомобилей превышает объем продаж в четвертом квартале на 156 833 шт.;
- ◆ во втором квартале объем продаж автомобилей превышает объем продаж в четвертом квартале на 379 784 шт.;
- ◆ в третьем квартале объем продаж автомобилей превышает объем продаж в четвертом квартале на 203 036 шт.

Оказалось, что объем продаж автомобилей выше всего во втором квартале (апрель–июнь; возврат налогов и наступающее лето) и ниже всего в четвертом квартале (октябрь–декабрь; зачем покупать новую машину, если зимняя обработка улиц солями приведет к повреждению машины?).

На основе итогов, представленных на рис. 58.3, можно сделать несколько выводов.

- ◆ Изменение независимых переменных (макроэкономических факторов и сезонности) объясняет 78% изменений зависимой переменной (квартальных объемов продаж).
- ◆ Стандартная ошибка регрессии составляет 190 524 автомобилей. Можно ожидать, что приблизительно 68% прогнозов дано с точностью до 190 524 шт. и примерно 95% прогнозов — с точностью до 381 048 шт. ( $2 \times 190\,524$ ).
- ◆ Для подбора коэффициентов уравнения регрессии использовано 31 наблюдение.

Единственной величиной, представляющей интерес в таблице дисперсионного анализа на рис. 58.3, является **Значимость F** (0,00000068). Эта мера подразумевает, что только в 6,8 случаев на 10 000 000 все вместе взятые независимые переменные непригодны для прогнозирования объемов продаж автомобилей. Таким образом, существует обоснованная уверенность в том, что независимые переменные пригодны для прогнозирования квартальных продаж.

На рис. 58.5 для каждого наблюдения показаны предсказанные продажи и остатки. Например, для второго квартала 1979 г. (первое наблюдение) предсказанные по уравнению 1 продажи составляют 2728,6, а остаток равен 181 411 шт.



	A	B	C
27	ВЫВОД ОСТАТКА		
28			
29	<i>Наблюдение</i>	<i>Предсказанное Продажи</i>	<i>Остатки</i>
30	1	2728,588616	181,4113836
31	2	2587,848606	-25,84860587
32	3	2336,034563	48,96543676
33	4	2339,328281	180,6717193
34	5	2447,266343	-305,2663429
35	6	2400,118977	-270,1189769
36	7	2199,7408	-9,740800106
37	8	2076,383266	293,6167341
38	9	2276,947422	-68,94742189
39	10	2026,185621	169,8143789
40	11	1848,731191	-90,73119119
41	12	2138,394335	-194,3943352
42	13	2212,298456	-118,2984563
43	14	2014,216596	-103,2165964
44	15	1969,394332	61,60566841
45	16	2166,640544	-120,6405443
46	17	2440,632301	61,3676994
47	18	2290,352403	-52,35240272
48	19	2131,386979	262,6130214
49	20	2433,681173	152,3188271
50	21	2739,094517	158,9054833
51	22	2586,877653	-138,8776532
52	23	2362,035446	97,96455439
53	24	2667,994409	-21,99440885
54	25	2937,601377	50,39862257
55	26	2838,174893	128,8251074
56	27	2713,079218	-274,0792178
57	28	2887,577992	-289,5779921
58	29	3004,570968	40,42903226
59	30	2921,225251	291,7747488
60	31	2781,597472	-96,59747188

Рис. 58.5. Остатки для данных о продажах автомобилей

(2910 – 2728,6). Обратите внимание, что остатки не превышают 381 000 по абсолютной величине, т. е. выбросы отсутствуют.

### Как предсказать президентские выборы в США?

Когда Джеймса Карвилла (James Carville), советника президента, спросили о том, какие факторы управляют президентскими выборами, он сказал: "Конечно, экономика". Экономист Йельского университета Рой Фэйр (Roy Fair) показал, что Карвилл был прав, предполагая, что состояние экономики имеет огромное влияние на результаты президентских выборов. В качестве зависимой переменной (см. в файле Preselect121.xlsx лист Data, показанный на рис. 58.6) Фэйр для каждых выборов (с 1916 по 2012 гг.) использовал процент голосов, полученных партией у власти с учетом голосования за две партии (без голосов за кандидатов других партий). Фэйр попытался предсказать процент голосов правящей партии при голосовании за две партии с помощью следующих независимых переменных.

◆ **Партия у власти.** В исходных данных 1 обозначает республиканскую партию у власти, а 0 — демократическую.

№	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Президентские выборы							0=1 срок				
2								1=2 срока				
3								1,25=3 срока				
4								1,5=4 срока				
5								1,75=5 сроков				
6	Кандидаты	Год	Доля партии у власти	Партия у власти	Рост ВВП в % в год выборов	Абс.уровень инфляции в год выборов	Кварталы с ростом >3,2%	Время нахождения у власти	Победившая партия 1= республиканцы	Военное время	Президент баллотир уется?	Прогноз
7	Wilson-Hughes	1916	51,7	D	2,2	4,3	3	0	0	0	1	50,36625
8	Harding-Cox	1920	36,1	D	-11,5	0	0	1	0	1	0	38,83152
9	Coolidge-Davis	1924	58,3	R	-3,9	5,2	10	0	1	0	1	57,33734
10	Hoover-Smith	1928	58,8	R	4,6	0,2	7	1	1	0	0	56,95623
11	Hoover-FDR	1932	40,9	R	-14,9	7,1	4	1,25	1	0	1	39,15664
12	FDR-Landon	1936	62,2	D	11,9	2,5	9	0	0	0	1	63,53659
13	FDR-Wilkie	1940	55	D	3,7	0	8	1	0	0	1	55,5384
14	FDR-Dewey	1944	53,8	D	4,1	0	0	1,25	0	1	1	52,88603
15	Truman-Dewey	1948	52,3	D	1,8	0	0	1,5	0	1	1	50,48245
16	Ike-Stevenson	1952	44,7	D	0,6	2,3	7	1,75	0	0	0	44,4311
17	Ike-Stevenson	1956	57,1	R	-1,5	1,9	5	0	1	0	1	57,05785
18	Kennedy-Nixon	1960	49,9	R	0,1	1,9	5	1	1	0	0	50,90322
19	Johnson-Goldwa	1964	61,2	D	5,1	1,3	10	0	0	0	1	60,53181
20	Nixon-Humphrey	1968	49,4	D	4,8	3,1	7	1	0	0	0	49,19798
21	Nixon-McGover	1972	61,8	R	6,3	4,8	4	0	1	0	1	59,54525
22	Ford-Carter	1976	49	R	3,7	7,6	5	1	1	0	0	49,33992
23	Carter-Reagan	1980	44,8	D	-3,8	7,9	5	0	0	0	1	45,35581
24	Reagan-Mondale	1984	59,1	R	5,4	5,2	8	0	1	0	1	62,07289
25	Bush-Dukakis	1988	53,8	R	2,1	3	4	1	1	0	0	50,64806
26	Bush-Clinton	1992	46,4	R	2,3	3,3	2	1,25	1	0	1	52,08258
27	Clinton-Dole	1996	54,7	D	2,9	2	4	0	0	0	1	53,3503
28	Gore Bush	2000	50,3	D	2,2	1,6	7	0	0	0	0	51,69197
29	Bush Kerry	2004	51,2	R	2	2,2	1	0	1	0	1	55,83581
30	Obama McCain	2008	46,3	R	-2,3	3,1	1	1	1	0	0	44,94526
31	Obama Romney	2012	51,9	D	1,57	1,03	1	0	0	0	1	50,54053

Рис. 58.6. Данные президентских выборов

- ◆ **Рост ВВП в процентах в течение первых девяти месяцев года выборов.**
- ◆ **Абсолютное значение уровня инфляции в течение первых девяти месяцев года выборов.** Абсолютное значение используется потому, что плох как положительный, так и отрицательный уровень инфляции.
- ◆ **Количество кварталов за последние четыре года, в течение которых наблюдался сильный экономический рост.** Сильный экономический рост определяется как ежегодный рост на уровне не менее 3,2%.
- ◆ **Время пребывания правящей партии у власти.** Фэйр обозначает один срок пребывания у власти как 0, два срока как 1, три срока как 1,25, четыре срока как 1,5 и не менее пяти сроков как 1,75. Это определение подразумевает, что каждый срок после первого срока пребывания у власти имеет меньше влияния на результаты выборов, чем первый срок.
- ◆ **Выборы в военное время.** Выборы в 1920 г. (Первая мировая война), в 1944 г. (Вторая мировая война) и в 1948 г. (Вторая мировая война еще не закончилась в 1945 г.<sup>1</sup>) были определены как выборы в военное время. (Выборы, состоявшиеся во время вьетнамской войны, не считались выборами в военное время.) В годы войны переменные, связанные с темпами экономического роста и инфляции, признаны неуместными, и для них установлено значение 0.
- ◆ **Действующий президент баллотируется на переизбрание.** В этом случае переменная устанавливается в 1; в противном случае она устанавливается в 0.

<sup>1</sup> Здесь авторская ошибка. Периодом Второй мировой войны считается время с 1 сентября 1939 г. по 2 сентября 1945 года. — *Ред.*

В 1976 г. Джеральд Форд не считался президентом, баллотирующимся на переизбрание, поскольку он не был избран ни президентом, ни вице-президентом.

Теперь на основе данных о выборах с 1916 по 2000 гг. разработаем уравнение множественной регрессии, с помощью которого можно предсказать результаты будущих президентских выборов. Данные о выборах в 2004, 2008 и 2012 гг. были сохранены в качестве точек проверки достоверности. При подборе уравнения регрессии к данным желательнее придерживаться какие-либо данные для проверки уравнения регрессии. Это позволит определить, может ли уравнение предсказать не представленные данные. Любой инструмент прогнозирования, недостаточно хорошо предсказывающий данные, которые были ему недоступны, не следует использовать для прогнозирования будущего.

Для запуска регрессии на вкладке **ДАННЫЕ** (DATA) в группе **Анализ** (Analysis) выберите **Анализ данных** (Data Analysis) и затем в диалоговом окне **Анализ данных** (Data Analysis) выберите инструмент **Регрессия** (Regression). Здесь как **Входной интервал Y** (Input Y Range) указаны ячейки C6:C28 и как **Входной интервал X** (Input X Range) — ячейки E6:L28. Установлен флажок **Метки** (Labels), т. к. строка 6 содержит метки, и флажок **Остатки** (Residuals). Результаты представлены на листе Answer и на рис. 58.7.

	A	B	C	D	E	F	G
1	<b>ВЫВОД ИТОГОВ</b>						
2							
3	<i>Регрессионная статистика</i>						
4	Множественный R	0,956842196					
5	R-квадрат	0,915546988					
6	Нормированный R-квадрат	0,873320482					
7	Стандартная ошибка	2,45997294					
8	Наблюдения	22					
9							
10	<i>Дисперсионный анализ</i>						
11		<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>	
12	Регрессия	7	918,4471912	131,2067416	21,681808	1,71146E-06	
13	Остаток	14	84,72053612	6,051466866			
14	Итого	21	1003,167727				
15							
16		<i>Коэффициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние 95%</i>
17	Y-пересечение	45,29007439	2,68849329	16,84589452	1,086E-10	39,52382978	51,056319
18	Рост ВВП % в год выборов	0,693999174	0,107099273	6,47996157	1,449E-05	0,464294079	0,92370427
19	Абс.уровень инфляции в год выборов	-0,712577789	0,291266106	-2,446484078	0,0282341	-1,33728156	-0,0878742
20	Кварталы с ростом >3.2%	0,859317562	0,274452907	3,131020078	0,0073643	0,270674621	1,4479605
21	Время нахождения у власти	-3,229524206	1,124289507	-2,872502311	0,0122918	-5,64088537	-0,818163
22	Победившая партия 1= республиканцы	5,83057855	1,229673084	4,741568003	0,0003154	3,193192088	8,46796501
23	Военное время	4,751955521	2,738420745	1,735290506	0,1046376	-1,12137284	10,6252839
24	Президент баллотируется?	4,0355107	1,256977358	3,210487982	0,006288	1,339562396	6,731459

**Рис. 58.7.** Выходные данные регрессии для прогнозирования результатов президентских выборов

Как видно из рис. 58.7, все независимые переменные (если округлить коэффициент для военного времени до 0,10) имеют  $p$ -значения не больше 0,10, и все переменные должны быть применены в прогнозах. По данным из раздела коэффициентов на рис. 58.7 можно определить, что наилучшим уравнением для прогнозирования результатов выборов является следующее уравнение (уравнение 2):

прогнозируемый процент в президентских выборах =  $45,29 + 0,69 \times \text{рост\_ВВП} - 0,71 \times \text{абс.уровень\_инфляции} + 0,86 \times \text{кварталы\_с\_ростом} - 3,23 \times \text{время\_у\_власти} + 5,83 \times \text{республиканцы} + 4,75 \times \text{военное\_время} + 4,04 \times \text{президент\_баллотируется}$ .

Коэффициенты независимых переменных можно интерпретировать следующим образом (после устранения влияния всех остальных независимых переменных):

- ◆ 1%-ное увеличение годовых темпов роста ВВП в год выборов означает прибавку 0,69% голосов для правящей партии;
- ◆ 1%-ное отклонение от идеала (нулевой инфляции) означает потерю 0,71% голосов для правящей партии;
- ◆ каждый квартал с сильным экономическим ростом во время срока правления президента увеличивает долю его (а скоро, может быть, и ее) голосов на 0,86%;
- ◆ по отношению к первому сроку пребывания у власти второй срок уменьшает долю голосов за правящую партию на 3,22%, и каждый последующий срок уменьшает долю голосов еще на  $0,25 \times (3,22\%) = 0,80\%$ ;
- ◆ республиканцы имеют преимущество в 5,83% над демократами;
- ◆ если США находится в состоянии войны, к прогнозу доли голосов за правящую партию добавляется 4,79%;
- ◆ если президент баллотируется на переизбрание, необходимо добавить 4,04% к прогнозу доли голосов за действующего президента.

	A	B	C	D
28	ВЫВОД ОСТАТКА			
29				
30	Наблюдение	Предсказанное Доля партии у власти	Остатки	Год
31	1	50,36625104	1,333748965	1916
32	2	38,83151521	-2,731515209	1920
33	3	57,33733746	0,962662542	1924
34	4	56,9562323	1,843767704	1928
35	5	39,15663792	1,743362078	1932
36	6	63,5365886	-1,336588599	1936
37	7	55,53839833	-0,53839833	1940
38	8	52,88603197	0,913968029	1944
39	9	50,48245282	1,81754718	1948
40	10	44,43110033	0,268899674	1952
41	11	57,0578547	0,042145297	1956
42	12	50,90321848	-1,003218475	1960
43	13	60,53180525	0,668194754	1964
44	14	49,1979777	0,202022301	1968
45	15	59,54525482	2,254745185	1972
46	16	49,33992153	-0,339921526	1976
47	17	45,35561071	-0,55561071	1980
48	18	62,07289465	-2,972894651	1984
49	19	50,64806358	3,151936419	1988
50	20	52,08258457	-5,682584573	1992
51	21	53,35029717	1,349702833	1996
52	22	51,69197089	-1,391970888	2000

Рис. 58.8. Остатки согласно уравнению для президентских выборов

Значение в ячейке B5 показывает, что регрессия объясняет 91,5% отклонений в доле голосов за партию у власти. Стандартная ошибка 2,46% показывает, что приблизительно 95% прогноза должно находиться в пределах  $2 \times 2,46 = 4,92\%$ . Поскольку допустимый предел погрешности при опросе в день президентских выборов составляет приблизительно 3%, просто удивительно, насколько хорошо работает модель, даже не учитывающая качества кандидатов! Как видно из рис. 58.8, единственный выброс был в 1992 г. на выборах Буш—Клинтон, в которых Клинтон набрал на 5,68% голосов больше, чем ожидалось. Это может быть связано с тем, что Клинтон был настоящим борцом.

### Какая функция Excel позволяет составить прогноз по уравнению множественной регрессии?

Довольно утомительно делать прогнозы по уравнению 2, но можно упростить получение прогнозов из множественной регрессии с помощью функции Excel **ТЕНДЕНЦИЯ** (TREND). Для этого даже не требуется запускать регрессию с помощью команды **Анализ данных** (Data Analysis). Синтаксис функции: **ТЕНДЕНЦИЯ**(известные\_значения\_y; известные\_значения\_x; новые\_значения\_x; конст). Эта функция запускает регрессию, которая пытается предсказать известные значения y по известным значениям x. Затем результаты этой регрессии применяются к новым значениям x для генерации прогнозов, основанных на подобранном уравнении регрессии. Если конст=ИСТИНА, начальная ордината регрессии вычисляется обычным образом, а если конст=ЛОЖЬ, уравнение регрессии подбирается без начальной ординаты.

Функция **ТЕНДЕНЦИЯ** является функцией, возвращающей массив. Краткое введение в функции, возвращающие массив, было приведено в *главе 57*. Подробное обсуждение этих функций см. в *главе 87*.

Для иллюстрации работы функции **ТЕНДЕНЦИЯ** прогнозирование выборов с 1916 по 2012 гг. описано с использованием только данных для выборов с 1916 по 2000 гг. Сначала, как описано в *главе 57*, выделите диапазон ячеек (в этом примере L17:L31), куда должны быть помещены прогнозы. Установите курсор в первую ячейку этого диапазона (ячейку L17) и введите формулу =**ТЕНДЕНЦИЯ**(C7:C28; E7:K28; E7:K31; ИСТИНА). Затем, как описано в *главе 57*, нажмите клавиши <Ctrl>+<Shift>+<Enter>. Прогноз для каждых выборов сгенерирован в ячейках L7:L31 (см. рис. 58.6). Обратите внимание, что в 2004 г. действующий президент (Буш) набрал на 4,6% голосов меньше, чем ожидалось, и что в 2008 и 2012 гг. кандидаты от партии власти (Маккейн и Обама) набрали на 1,4% голосов больше, чем ожидалось.

#### ПРИМЕЧАНИЕ

Задания для дальнейшего изучения множественной регрессии приведены в конце *главы 59*.

# Моделирование нелинейных характеристик и взаимосвязей

### Обсуждаемые вопросы

- ◆ Когда говорят, что независимая переменная оказывает нелинейное воздействие на зависимую переменную, что это означает?
- ◆ Когда говорят, что между воздействиями двух независимых переменных на зависимую переменную существует взаимосвязь, что это означает?
- ◆ Как выполнить проверку на наличие нелинейности и взаимосвязи в регрессии?

### Ответы на вопросы

---

В этом разделе приведены ответы на вопросы в начале главы.

#### **Когда говорят, что независимая переменная оказывает нелинейное воздействие на зависимую переменную, что это означает?**

Зачастую независимая переменная воздействует на зависимую переменную нелинейным образом. Например, при прогнозе продаж продукта по уравнению вида  $\text{Продажи} = 500 - 10 \times \text{Цена}$ , цена влияет на объем продаж линейно. Это уравнение показывает, что при повышении цены на единицу (для любого уровня цен) объем продаж уменьшается на 10 единиц. Если соотношение между объемом продаж и ценой определяется уравнением  $\text{Продажи} = 500 + 4 \times \text{Цена} - 0,40 \times \text{Цена}^2$ , цена и объем продаж связаны нелинейно. Как показано на рис. 59.1, чем больше повышается цена, тем сильнее падает спрос (см. лист *Nonlinearity* в файле *Interactions.xlsx*). Таким образом, если изменение зависимой переменной, вызванное единичным изменением независимой переменной, не является константой, между независимой и зависимой переменными имеется нелинейная зависимость.

#### **Когда говорят, что между воздействиями двух независимых переменных на зависимую переменную существует взаимосвязь, что это означает?**

Если влияние одной независимой переменной на зависимую переменную зависит от значения другой независимой переменной, можно сказать, что две независимые переменные проявляют взаимосвязь. Например, рассмотрим прогноз объемов продаж по цене и сумме, затраченной на рекламу. Если эффект от изменения уровня затрат на рекламу существенен при небольшой цене и несущественен при высокой

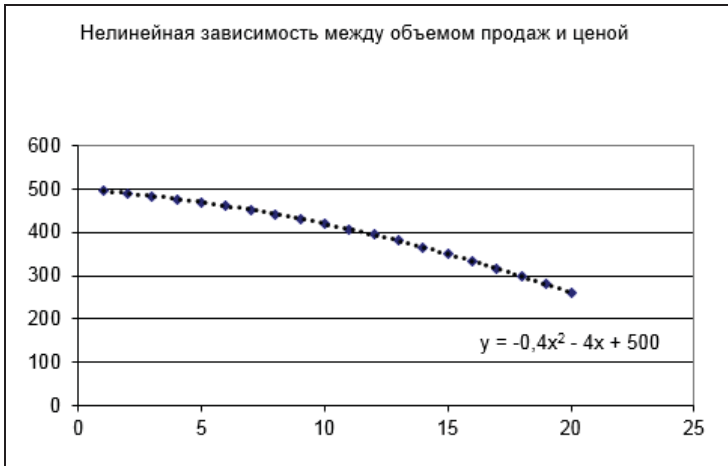


Рис. 59.1. Нелинейная зависимость между спросом и ценой

цене, цена и затраты на рекламу проявляют взаимосвязь. Если эффект от изменения уровня затрат на рекламу одинаков для любого уровня цены, затраты на рекламу и цена не связаны.

### Как выполнить проверку на наличие нелинейности и взаимосвязи в регрессии?

Для проверки нелинейности влияния независимой переменной на зависимую переменную просто добавьте в уравнение регрессии член, равный квадрату независимой переменной. Если квадратный член имеет небольшое  $p$ -значение (меньше 0,15), это является доказательством нелинейной зависимости.

Для проверки наличия взаимосвязи между двумя независимыми переменными добавьте в уравнение регрессии член, равный произведению независимых переменных. Если член имеет небольшое  $p$ -значение (меньше 0,15), это является доказательством взаимосвязи.

Для примера попытайтесь определить характер влияния пола и опыта работы на зарплату в небольшой производственной компании. Для каждого сотрудника в базе хранятся приведенные ниже данные. Информацию можно найти на листе Data в файле Interactions.xlsx, показанном на рис. 59.2.

- ◆ Годовая зарплата (в тысячах долларов).
- ◆ Опыт работы на производстве (в годах).
- ◆ Пол (1 — женский, 0 — мужской).

Исходя из этих данных, спрогнозируйте зарплату (зависимую переменную) на основе опыта и пола. Для проверки нелинейности влияния опыта на зарплату добавьте член Опыт в квадрате путем копирования формулы =B2^2 из D2 в D3:D98. Для проверки наличия значимого взаимодействия между опытом и полом добавьте член Опыт\*Пол путем копирования формулы =B2\*C2 из E2 в E3:E98. В диалоговом окне Рег-

рессия (Regression) укажите A1:A98 как **Входной интервал Y** (Input Y Range) и B1:E98 как **Входной интервал X** (Input X Range). Установите флажок **Метки** (Labels) и запустите регрессионный анализ, нажав кнопку **ОК**. Появятся результаты, представленные на рис. 59.3.

	A	B	C	D	E
1	Зарплата	Опыт	Пол	Опыт^2	Опыт*Пол
2	55,92	5	1	25	5
3	62,40	15	0	225	0
4	67,85	12	0	144	0
5	64,81	19	0	361	0
6	58,30	9	0	81	0
7	51,94	3	0	9	0
8	36,34	12	1	144	12
9	28,39	15	1	225	15
10	73,58	8	0	64	0
11	44,17	12	1	144	12
12	57,03	1	1	1	1
13	61,59	5	0	25	0
14	63,22	14	0	196	0
15	58,16	1	1	1	1
16	47,48	3	1	9	3
17	44,43	6	1	36	6
18	59,11	4	0	16	0
19	64,56	9	0	81	0
20	64,66	18	0	324	0
21	49,10	7	1	49	7
22	69,01	14	0	196	0
23	65,00	16	0	256	0
24	37,56	11	1	121	11

Рис. 59.2. Данные для прогнозирования зарплаты на основе пола и опыта

	A	B	C	D	E	F	G
1	<b>Вывод итогов</b>						
2							
3	<i>Регрессионная статистика</i>						
4	Множественный R	0,930645916					
5	R-квадрат	0,866101822					
6	Нормированный R-квад	0,860280162					
7	Стандартная ошибка	4,530277908					
8	Наблюдения	97					
9							
10	<i>Дисперсионный анализ</i>						
11		<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>	
12	Регрессия	4	12213,26555	3053,316387	148,77231	2,7716E-39	
13	Остаток	92	1888,154449	20,52341792			
14	Итого	96	14101,42				
15							
16	<i>Коэффициенты Стандартная ошибка t-статистика P-Значение Нижние 95% Верхние 95%</i>						
17	Y-пересечение	58,30311924	1,960660525	29,73646814	5,677E-49	54,4090782	62,19716
18	Опыт	0,860472831	0,381574828	2,255056591	0,0265014	0,10263229	1,6183134
19	Пол	1,119399728	1,94092596	0,576734894	0,565527	-2,7354468	4,9742462
20	Опыт^2	-0,035148705	0,017761027	-1,978979323	0,0508084	-0,0704236	0,0001262
21	Опыт*Пол	-2,164501713	0,180872223	-11,96702114	1,866E-20	-2,5237296	-1,8052739

Рис. 59.3. Результаты регрессии для теста на нелинейность и взаимодействие



Как видно из рисунка, пол не является значимым ( $p$ -значение для него больше 0,15). Все остальные независимые переменные — значимые (т. е. имеют  $p$ -значение не больше 0,15). Не имеющий существенного значения пол можно удалить как независимую переменную. Для этого следует скопировать данные на новый лист с именем FinalRegression. Щелкните правой кнопкой мыши по вкладке листа, выберите **Переместить или скопировать** (Move Or Copy) и в диалоговом окне установите флажок **Создать копию** (Create A Copy). После удаления столбца Пол можно получить результаты регрессии, как на листе FinalRegression и на рис. 59.4.

	A	B	C	D	E	F	G
1	<b>Вывод итогов</b>						
2							
3	<i>Регрессионная статистика</i>						
4	Множественный R	0,930385789					
5	R-квадрат	0,865617717					
6	Нормированный R-к	0,861282805					
7	Стандартная ошибка	4,513993788					
8	Наблюдения	97					
9							
10	<i>Дисперсионный анализ</i>						
11		<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>значимость F</i>	
12	Регрессия	3	12206,43899	4068,813	199,6852	2,123E-40	
13	Остаток	93	1894,981012	20,3761399			
14	Итого	96	14101,42				
15							
16		<i>Коэффициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>верхние 95%</i>
17	Y-пересечение	59,05744235	1,455412135	40,5778136	6,06E-81	56,167282	61,947602
18	Опыт	0,781117168	0,354623849	2,20266395	0,03009	0,0769045	1,4853299
19	Опыт^2	-0,033594184	0,017492209	-1,92052261	0,057856	-0,0683302	0,0011419
20	Опыт*Пол	-2,073394532	0,087774433	-23,6218505	4,49E-41	-2,2476972	-1,899092

Рис. 59.4. Результаты регрессии после удаления несущественной переменной Пол

Теперь все независимые переменные являются значимыми (имеют  $p$ -значение не больше 0,15). Следовательно, можно предсказать зарплату (в тысячах долларов) по следующему уравнению (уравнение 3):

$$\text{прогнозируемая зарплата} = 59,06 + 0,78 \times (\text{опыт}) - 0,033 \times (\text{опыт}^2) - 2,07 \times (\text{опыт} \times \text{пол}).$$

Отрицательный член ( $\text{опыт}^2$ ) показывает, что каждый дополнительный год опыта все меньше влияет на зарплату. Это означает, что опыт оказывает нелинейное воздействие на зарплату. Фактически эта модель свидетельствует о том, что после 13 лет работы каждый дополнительный год опыта в действительности уменьшает зарплату.

Напомним, что переменная Пол равна 1 для женщин и 0 для мужчин. После подстановки 1 в уравнение 3 зарплата для женщины может быть спрогнозирована следующим образом:

$$\text{прогнозируемая зарплата} = 59,06 + 0,78 \times (\text{опыт}) - 0,033 \times (\text{опыт}^2) - 2,07(\text{опыт} \times 1) = 59,06 - 0,033 \times (\text{опыт}^2) - 1,29 \times (\text{опыт}).$$

Для мужчин (после подстановки  $\text{пол}=0$ ) получится следующее уравнение:

$$\begin{aligned} \text{прогнозируемая зарплата} &= 59,06 + 0,78 \times (\text{опыт}) - 0,033 \times (\text{опыт}^2) - \\ &- 2,07(\text{опыт} \times 0) = 59,06 + 0,78 \times (\text{опыт}) - 0,033 \times (\text{опыт}^2). \end{aligned}$$

Таким образом, взаимосвязь между полом и опытом показывает, что каждый дополнительный год опыта работы приносит женщинам выгоды в среднем на  $0,78 - (-1,29) = 2\,070$  долларов меньше, чем мужчинам. Это указывает на несправедливое отношение к женщинам.

## Задания к главам 57 и 58

Фицци Драгс (Fizzy Drugs) должен оптимизировать продуктивность важного химического процесса. Компания считает, что количество произведенной продукции в фунтах при каждом запуске процесса зависит от размера используемого резервуара, давления и температуры. Привлеченные к решению задачи ученые считают, что результат изменения одной переменной может зависеть от значений других переменных. Резервуар должен иметь объем от 1,3 до 1,5 м<sup>3</sup>, кроме того, необходимо поддерживать давление между 4 и 4,5 мм рт. ст. и температуру между 22 и 30 градусами Цельсия. Ученые провели эксперименты для нижних и верхних уровней трех контрольных переменных, результаты которых представлены в файле Fizzy.xlsx.

1. Определите взаимосвязь между количеством продукции, объемом резервуара, температурой и давлением.
2. Рассмотрите взаимосвязь между давлением, объемом резервуара и температурой.
3. Какие значения температуры и давления и какой объем резервуара следует порекомендовать?

Еще несколько заданий по множественной регрессии.

4. В супермаркете Mr. D's в течение 12 недель подряд проводились наблюдения за продажей (учитывалось количество продаж) консервированных томатов. (См. файл Grocery.xlsx.) Каждую неделю отслеживались следующие данные.
  - Во все ли тележки были положены рекламные листовки о консервированных томатах?
  - Каждому ли покупателю были вручены купоны на консервированные томаты?
  - Была ли снижена цена (нет, на 1 или 2 цента)?

На основе этих данных определите, как перечисленные факторы влияют на продажи. Предскажите продажи консервированных томатов для недели, на которой в тележки были положены рекламные листовки, покупателям предлагались купоны, и цена на томаты была снижена на 1 цент.

5. В файле Countryregion.xlsx для нескольких слаборазвитых стран содержатся следующие данные:
- детская смертность;
  - уровень грамотности взрослого населения;
  - процент учеников, закончивших начальную школу;
  - ВВП на душу населения.

Исходя из этих данных, создайте уравнение для прогнозирования детской смертности. Имеются ли в этом наборе данных выбросы? Проинтерпретируйте коэффициенты полученного уравнения. В пределах каких значений 95% прогнозов по детской смертности должны быть точными?

6. В файле Baseball96.xlsx содержатся следующие данные: засчитанные пробежки, одинарные, двойные, тройные удары, хоум-раны, кражи базы и уолки для каждой команды Главной лиги бейсбола в сезоне 1996 г. На основе этих данных определите влияние одиночных и двойных ударов, а также других действий на пробежки.
7. В файле Cardata.xlsx приведена следующая информация для 392 моделей автомобилей:
- количество цилиндров;
  - объем двигателя;
  - мощность в лошадиных силах;
  - вес;
  - разгон;
  - количество миль на галлон (горючего).

Определите уравнение для прогнозирования количества миль на галлон горючего. Почему все независимые переменные не являются значимыми?

8. В файле Priceads.xlsx находятся данные о еженедельных объемах продаж продукта, а также о цене продукта и расходах на рекламу. Объясните, как реклама и цена продукта влияют на объемы продаж.
9. Файл Teams.xlsx содержит следующие данные: засчитанные пробежки, хит-бай-питчи, уолки, одиночные, двойные, тройные удары и хоум-раны для команд Главной лиги бейсбола в сезонах 2000—2006 гг.
- Исходя из этих данных, постройте модель, предсказывающую на основе статистики ударов, сколько очков получит команда за пробежки.
  - Насколько точно эта модель предсказывает количество засчитанных пробежек для команды за сезон?
  - Предположим, что команда имеет положительный остаток, превышающий в три раза стандартную ошибку регрессии. Что могло привести к такому результату?

10. Процент занятия базы (ОВР) вычисляется как  $(\text{хит-бай-питч} + \text{уолк} + \text{+хит}) / (\text{выход на биту} + \text{хит-бай-питч} + \text{уолк} + \text{сакрифейс флай})$ . Процент мощности отбивания (SLG) равен количеству баз (хоум-ран дает очки за четыре базы, тройной удар — за три, двойной удар — за две и одинарный — за одну), деленному на количество выходов на биту. В файле Opsslug.xlsx содержится информация об ударах для команд Главной лиги в сезонах 2000—2006 гг.

На основе этих данных создайте модель для прогнозирования засчитанных пробежек по ОВР и SLG команды.

- Какую из моделей, эту или модель из задания 9, можно порекомендовать для прогнозирования засчитанных пробежек?
- Как с помощью этой модели можно определить способность к отбиванию у отдельных игроков?
- Почему можно отнестись скептически к вычислению с помощью этой модели способности к отбиванию у такого действительно великого хиттера, как Альберт Пухолс (Albert Pujols) из "Сент-Луис Кардиналс"?

11. Файл NFLinfo.xlsx содержит следующие данные для команд НФЛ в сезонах 2003—2006 гг.:

- Margin (преимущество) — количество очков, на которое команда опережает своего соперника;
- NYP/A — набранные ярды относительно попыток выполнить пас;
- YR/A — набранные ярды относительно попыток выполнить вынос;
- DNYP/A — набранные противником ярды относительно попыток выполнить пас;
- DYR/A — набранные противником ярды относительно попыток выполнить вынос;
- TO — перехваты, выполненные командой;
- DTO — перехваты, выполненные командой противника.

Показывают ли эти данные, что больше влияет на успех команды: эффективный пас или вынос?

В какое количество очков приблизительно обходится команде перехват мяча?

Многие футбольные болельщики считают, что для организации паса необходим эффективный вынос. Соответствуют ли данные такой точке зрения?

12. В файле Qbinfo.xlsx перечислены рейтинги знаменитых квотербеков НФЛ в сезоне 2009 г. Рейтинг квотербеков основан на проценте завершенных пасов; проценте пасов, приведших к тачдаунам; набранных ярдов относительно попыток выполнить пас и проценте перехваченных пасов.

- Создайте формулу прогнозирования рейтинга квотербека на основе его статистики за сезон.
- Насколько точны прогнозы?



# Однофакторный дисперсионный анализ

### Обсуждаемые вопросы

- ◆ Владелец издательства, публикующего компьютерную литературу, хочет знать, влияет ли на продажи местоположение стенда с книгами в отделе компьютерной литературы в книжных магазинах. В частности, имеет ли значение, в какой зоне отдела компьютерной литературы (передней, задней или средней) находится стенд с книгами?
- ◆ Если при анализе определяют, имеют ли популяции значимо различные средние значения, почему метод называется *дисперсионным анализом*?
- ◆ Как применить результаты однофакторного дисперсионного анализа в прогнозировании?

Аналитики данных часто имеют дело с данными о нескольких группах людей или предметов и стараются определить, существенно ли отличаются данные о группах. Вот несколько примеров:

- ◆ Имеется ли существенная разница в продолжительности пребывания пациенток четырех врачей в больнице после родов?
- ◆ Зависит ли количество производимого нового препарата от размера резервуара, в котором он производится (большой, маленький или средний)?
- ◆ Зависит ли падение давления после приема одного из четырех препаратов от принятого препарата?

Если в задаче требуется определить, являются ли средние значения для нескольких наборов данных, зависящих от одного фактора, значимо различными, при решении следует применять однофакторный дисперсионный анализ. В перечисленных примерах к таким факторам относятся врачи, размер резервуара и препараты, соответственно. При анализе данных выбирается одна из двух гипотез.

- ◆ Нулевая гипотеза утверждает, что средние значения всех групп идентичны.
- ◆ Альтернативная гипотеза утверждает, что между средними значениями групп имеется статистически значимое различие.

Для проверки этих гипотез в Microsoft Excel используется инструмент **Однофакторный дисперсионный анализ** (Anova: Single Factor), который выбирается в диалоговом окне **Анализ данных** (Data Analysis). Если вычисленное  $p$ -значение окажется небольшим (как правило, не больше 0,15), можно сделать вывод, что верна альтернативная гипотеза (средние значения значимо различны). Если  $p$ -значение

больше 0,15, верна нулевая гипотеза (популяции имеют одинаковые средние значения). Давайте рассмотрим пример.

## Ответы на вопросы

В этом разделе приведены ответы на вопросы, перечисленные в начале главы.

**Владелец издательства, публикующего компьютерную литературу, хочет знать, влияет ли на продажи местоположение стенда с книгами в отделе компьютерной литературы в книжных магазинах. В частности, имеет ли значение, в какой зоне отдела компьютерной литературы (передней, задней или средней) находится стенд с книгами?**

Издательству необходимо знать, хорошим ли спросом пользуются книги, выставленные на стенде в передней, задней или средней зоне отдела компьютерной литературы. В 12 магазинах были отслежены еженедельные продажи (в сотнях штук). В пяти магазинах стенды были установлены в передней зоне отдела, в четырех магазинах — в задней зоне и в трех магазинах — в средней. Полученные объемы продаж представлены на листе `Signif` в файле `Onewayanova.xlsx` (рис. 60.1). Свидетельствуют ли данные о том, что местоположение стенда с книгами оказывает существенное влияние на продажи?

	A	B	C	D
1	Однофакторный дисперсионный анализ			
2				
3		Передняя зона	Задняя зона	Средняя зона
4		7	12	10
5		10	13	11
6		8	15	12
7		9	16	
8		11		

Рис. 60.1. Данные продаж книг

Предположим, что все 12 магазинов имели схожие структуры сбыта и были приблизительно одного размера. Это предположение позволяет воспользоваться однофакторным дисперсионным анализом, поскольку в таком случае можно считать, что на продажи влияет не более одного фактора (а именно, положение стенда с книгами в отделе компьютерной литературы). (Если бы магазины были разных размеров, данные пришлось бы анализировать с помощью двухфакторного дисперсионного анализа, рассматриваемого в *главе 61*.)

Для анализа данных на вкладке **ДААННЫЕ** (DATA) щелкните по кнопке **Анализ данных** (Data Analysis) и выберите инструмент **Однофакторный дисперсионный анализ** (Anova: Single Factor). Появится диалоговое окно, показанное на рис. 60.2.

Заполните окно данными следующим образом:

- ◆ данные для входного интервала, включая метки, находятся в ячейках `B3:D8`;
- ◆ установите флажок **Метки в первой строке** (Labels in first row), поскольку первая строка входного интервала содержит метки;

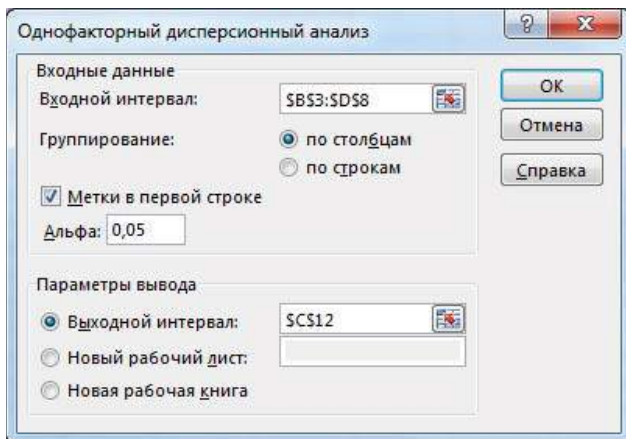


Рис. 60.2. Диалоговое окно Однофакторный дисперсионный анализ

- ◆ установите переключатель в положение **по столбцам** (Columns), поскольку данные объединены в столбцы;
- ◆ укажите ячейку C12 как левую верхнюю ячейку выходного интервала;
- ◆ выбор значения **Альфа** (Alpha) несущественен. Можно оставить значение по умолчанию.

После нажатия кнопки **ОК** появятся результаты, показанные на рис. 60.3.

	C	D	E	F	G	H	I
12	Однофакторный дисперсионный анализ						
13							
14	<b>ИТОГИ</b>						
15	<i>Группы</i>	<i>Счет</i>	<i>Сумма</i>	<i>Среднее</i>	<i>Дисперсия</i>		
16	Передняя зона	5	45	9	2,5		
17	Задняя зона	4	56	14	3,3333333		
18	Средняя зона	3	33	11	1		
19							
20							
21	<b>Дисперсионный анализ</b>						
22	<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Значение</i>	<i>F критическое</i>
23	Между группами	55,66667	2	27,8333333	11,386364	0,003426463	4,256494729
24	Внутри групп		22	9	2,44444444		
25							
26	<b>Итого</b>	<b>77,66667</b>	<b>11</b>				
27							
28	<b>стандартная ошибка</b>	<b>1,563472</b>					

Рис. 60.3. Результаты однофакторного дисперсионного анализа

Ячейки F16:F18 содержат средний объем продаж в зависимости от местоположения стенда с книгами. Если стенд находится в передней зоне отдела компьютерной литературы, средний объем продаж составляет 900 шт.; если стенд находится в задней зоне отдела, то средний объем продаж равен 1400 шт.; и если стенд находится в средней зоне, средний объем продаж составляет 1100 шт. Поскольку *p*-значение,



равное 0,003 (в ячейке  $n_{23}$ ), меньше 0,15, можно сделать вывод, что эти средние значения значимо различны.

**Если при анализе определяют, имеют ли популяции значимо различные средние значения, почему метод называется дисперсионным анализом?**

Предположим, что данные о продаже книг — это данные на листе *Insig* в файле *Onewayanova.xlsx* (рис. 60.4). После выполнения для этих данных однофакторного дисперсионного анализа будут получены результаты, представленные на рис. 60.5.

	В	С	Д
3	Передняя зона	Задняя зона	Средняя зона
4	7	2	3
5	20	16	19
6	8	25	11
7	8	13	
8	2		

Рис. 60.4. Данные о продажах, для которых принята нулевая гипотеза

	Е	Ф	Г	Н	И	Ж	К
12	Однофакторный дисперсионный анализ						
13							
14	<b>ИТОГИ</b>						
15	<i>Группы</i>	<i>Счет</i>	<i>Сумма</i>	<i>Среднее</i>	<i>Дисперсия</i>		
16	Передняя зона	5	45	9	44		
17	Задняя зона	4	56	14	90		
18	Средняя зона	3	33	11	64		
19							
20							
21	<b>Дисперсионный анализ</b>						
22	<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Значение</i>	<i>F критическое</i>
23	Между группами	55,66667	2	27,83333	0,43641115	0,659333817	4,256494729
24	Внутри групп	574	9	63,77778			
25							
26	Итого	629,6667	11				
27							
28	<b>стандартная ошибка</b>	<b>7,986099</b>					

Рис. 60.5. Результаты дисперсионного анализа, для которых принята нулевая гипотеза

Обратите внимание, что средний объем продаж для каждой зоны отдела точно такой же, как раньше. Тем не менее,  $p$ -значение, равное 0,66, показывает, что следует принять нулевую гипотезу и сделать вывод об отсутствии влияния положения стенда в отделе компьютерной литературы на объемы продаж. Причина такого странного результата в том, что во втором наборе данных вариация в объемах продаж для каждого положения стенда в секции более значительна. В первом наборе данных, например, вариация в объемах продаж, когда стенд находится в передней зоне отдела, составляет от 700 до 1100 книг, в то время как во втором наборе вариация в объемах продаж составляет от 200 до 2000 книг. Вариация продаж для каждого положения стенда измеряется суммой квадратов данных внутри групп. Эта

мера приведена в ячейке D24 в первом наборе данных и в ячейке F24 во втором. В первом наборе данных сумма квадратов данных внутри групп равна всего лишь 22, в то время как во втором наборе данных сумма квадратов внутри групп равна 574! Такая большая вариация точек данных для каждого положения стенда маскирует вариацию между самими группами (положениями стенда) и для второго набора данных дает возможность заключить, что разница между объемами продаж для разных положений стенда незначительна.

### Как применить результаты однофакторного дисперсионного анализа в прогнозировании?

Если между средними значениями по каждой группе существует значительная разница, наилучшим прогнозом для каждой группы является среднее значение по этой группе. Следовательно, для первого набора данных можно предсказать следующее:

- ◆ объем продаж для стенда в передней зоне отдела компьютерной литературы составит 900 книг в неделю;
- ◆ объем продаж для стенда в задней зоне отдела компьютерной литературы составит 1400 книг в неделю;
- ◆ объем продаж для стенда в средней зоне отдела компьютерной литературы составит 1100 книг в неделю.

Если между средними значениями по каждой группе существенная разница отсутствует, наилучшим прогнозом для каждого наблюдения является просто общее среднее. Таким образом, для второго набора данных можно предсказать, что еженедельные продажи составят 1117 книг, независимо от того, где выставлены книги.

Также можно оценить точность прогнозов. Стандартной ошибкой прогноза по результатам однофакторного дисперсионного анализа является корень квадратный из среднего квадратичного (MS) внутри групп. Как показано на рис. 60.3, стандартная ошибка прогноза для первого набора данных составляет 1,56 (см. лист Signif). Практически это означает, что следует ожидать, например:

- ◆ для 68% недель, в течение которых книги будут находиться в передней зоне отдела компьютерной литературы, объем продаж составит от  $900 - 156 = 744$  до  $900 + 156 = 1056$  книг;
- ◆ для 95% недель, в течение которых книги будут находиться в передней зоне отдела компьютерной литературы, объем продаж составит от  $900 - 2 \times (156) = 588$  до  $900 + 2 \times (156) = 1212$  книг.

## Задания

Данные к этим заданиям находятся в файле Chapter60data.xlsx.

1. Для пациентов четырех кардиологов известно количество дней, в течение которых пациенты оставались в больнице после операции на отключенном сердце.
  - Существуют ли доказательства того, что врачи проводят различную политику выписки из лечебного учреждения?

- В течение скольких дней пациент первого кардиолога будет оставаться в больнице с вероятностью 95%?
2. Лекарственный препарат может быть изготовлен в термостате с рабочей температурой 400, 300 или 200 градусов. Дано количество полученного препарата в фунтах для различных партий, изготовленных при разных температурах.
- Влияет ли температура на результативность процесса?
  - Укажите интервал для количества продукта в фунтах, в котором с вероятностью 95% окажется выход продукта из термостата с рабочей температурой 200 градусов?
  - Если считать, что давление внутри корпуса также влияет на результативность процесса, остается ли анализ действительным?

# Рандомизированные блоки и двухфакторный дисперсионный анализ

## Обсуждаемые вопросы

- ◆ Я пытаюсь проанализировать эффективность торгового персонала. Проблема заключается в том, что кроме эффективности действий самого торгового агента сумма продаж агента зависит от региона, в который он назначен. Как можно включить в анализ распределение агентов по регионам?
- ◆ Как предсказать объем продаж на основе информации о торговых агентах и регионах? Насколько точными окажутся прогнозы?
- ◆ Как определить, влияет ли на продажи видеоигр изменение цены и уровень расходов на рекламу? Как определить, значимо ли взаимодействие цены и рекламы?
- ◆ Как интерпретировать влияние цены и рекламы на продажи при отсутствии значимого взаимодействия между ценой и рекламой?

Во многих наборах данных на зависимую переменную могут оказывать влияние два фактора. В табл. 61.1 приведено несколько примеров таких данных.

*Таблица 61.1*

Факторы	Зависимая переменная
Торговый агент и назначенный район	Объем продаж
Цена продукта и расходы на рекламу	Объем продаж
Температура и давление	Выход продукции
Хирург и марка используемого стента	Здоровье пациента после операции на отключенном сердце

Если на зависимую переменную могут влиять два фактора, то для определения фактора, оказывающего значительное влияние на зависимую переменную (если это имеет место), используются анализ с рандомизированными блоками и двухфакторный дисперсионный анализ с повторениями. Кроме того, двухфакторный дисперсионный анализ позволяет определить, проявляют ли два фактора значимое взаимодействие. Предположим, например, что необходимо спрогнозировать объем продаж по цене продукта и рекламному бюджету. Цена и реклама значимо влияют друг на друга, если эффект от рекламы зависит от цены продукта.

В модели с рандомизированными блоками каждая возможная комбинация факторов наблюдается только один раз. В рандомизированном блочном плане проверить взаимодействие невозможно. В модели двухфакторного дисперсионного анализа каждая комбинация факторов наблюдается одинаковое число раз (назовем его  $k$ ). Для проверки взаимодействия  $k$  должно быть больше 1. В модели двухфакторного дисперсионного анализа проверить взаимодействие не составляет труда.

## Ответы на вопросы

В этом разделе приведены ответы на вопросы в начале главы.

**Я пытаюсь проанализировать эффективность торгового персонала. Проблема заключается в том, что кроме эффективности действий самого торгового агента сумма продаж агента зависит от региона, в который он назначен. Как можно включить в анализ распределение агентов по регионам?**

Пусть необходимо определить, как торговый агент и регион продаж, в который назначен этот торговый агент, влияют на объемы продаж продукта. Для ответа на этот вопрос каждый из четырех торговых агентов продавал продукцию в каждом из пяти регионов в течение месяца. Полученные в результате объемы продаж приведены на листе *Randomized Blocks* в файле *Twowayanova.xlsx* и показаны на рис. 61.1. Например, первый агент продал за месяц 20 единиц продукции, когда работал в четвертом регионе.

	C	D	E	F	G
5		Агент 1	Агент 2	Агент 3	Агент 4
6	Регион 1	1	3	10	12
7	Регион 2	17	12	16	14
8	Регион 3	17	21	22	25
9	Регион 4	20	10	17	23
10	Регион 5	22	21	37	32

Рис. 61.1. Данные для примера с рандомизированными блоками

Эта модель называется двухфакторным дисперсионным анализом без повторений, т. к. на объем продаж могут оказывать влияние два фактора (регион и торговый агент) при наличии единственного наблюдения для каждой комбинации "агент—регион". Также эта модель называется *рандомизированным блочным планом*, поскольку в ней можно рандомизировать (в хронологическом порядке) распределение агентов по районам. Другими словами, необходимо убедиться, что месяц, в течение которого первый агент работал в первом регионе, с равной вероятностью мог бы быть первым, вторым, третьим, четвертым или пятым месяцем. Надо надеяться, что такая рандомизация уменьшает влияние временного периода на анализ (предположительно, со временем квалификация торгового агента повышается); и в каком-то смысле при попытке сравнения торговых агентов влияние региона на результат блокируется.

Для анализа этих данных в Microsoft Excel на вкладке **ДАННЫЕ** (DATA) выберите **Анализ данных** (Data Analysis) и затем инструмент **Двухфакторный дисперсион-**

**ный анализ без повторений** (Anova: Two-Factor Without Replication). Заполните диалоговое окно данными, как показано на рис. 61.2.

Укажите для анализа следующую информацию:

- ◆ для входного интервала выберите ячейки C5:G10;
- ◆ установите флажок **Метки** (Labels), поскольку первая строка входного интервала содержит метки;
- ◆ введите B12 как левую верхнюю ячейку выходного интервала;
- ◆ значение **Альфа** (Alpha) определяет число, показываемое в столбце F критическое. Поскольку в задачах данной главы информация из этого столбца не требуется, можно оставить значение **Альфа** по умолчанию — 0,05.

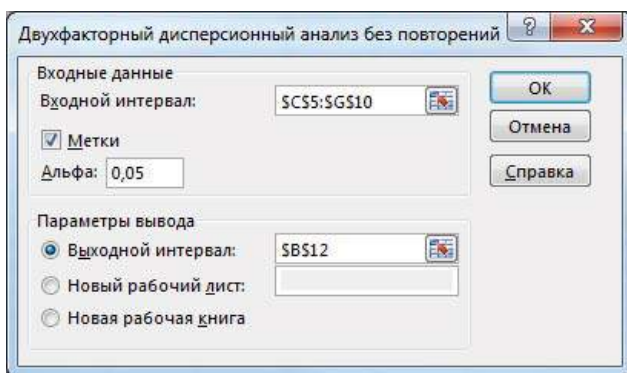


Рис. 61.2. Диалоговое окно **Двухфакторный дисперсионный анализ без повторений** для настройки модели с рандомизированными блоками

Результат анализа представлен на рис. 61.3. (Результаты в ячейках G12:G24 созданы не инструментом Excel **Анализ данных**. Пояснения к формулам, введенным в эти ячейки, приведены далее в этой главе.)

Оказывает ли фактор в строках (регионы) или фактор в столбцах (торговые агенты) значимый эффект на продажи, можно определить по *p*-значению. Если *p*-значение для фактора небольшое (меньше 0,15), фактор оказывает значимый эффект на продажи. Оба *p*-значения, для строк (0,0000974) и для столбцов (0,024), меньше 0,15, поэтому и регион, и агент оказывают существенное влияние на продажи.

### Как предсказать объем продаж на основе информации о торговых агентах и регионах? Насколько точными окажутся прогнозы?

Как предсказать объемы продаж продукта? Продажи за месяц можно предсказать по представленному здесь уравнению 1:

$$\begin{aligned} & \text{прогнозируемый объем продаж} = \\ & = \text{общее\_среднее} + (\text{влияние\_агента}) + (\text{влияние\_региона}). \end{aligned}$$

В этом уравнении (влияние\_агента) равно 0, если фактор "торговый агент" не значимый. Если фактор "торговый агент" значимый, (влияние\_агента) равно среднему

значению для данного агента минус общее среднее. Аналогично, (влияние\_региона) равно 0, если фактор "регион" не значимый. Если фактор "регион" значимый, (влияние\_региона) равно среднему значению для данного региона минус общее среднее.

	В	С	Д	Е	Ф	Г	Н	
12	Двухфакторный дисперсионный анализ без повторений						17,6	
13								
14	<b>ИТОГИ</b>	<b>Счет</b>	<b>Сумма</b>	<b>Среднее</b>	<b>Дисперсия</b>			
15	Регион 1	4	26	6,5	28,3333333	-11,1		
16	Регион 2	4	59	14,75	4,91666667	-2,85		
17	Регион 3	4	85	21,25	10,91666667	3,65		
18	Регион 4	4	70	17,5	31	-0,1		
19	Регион 5	4	112	28	60,66666667	10,4		
20						-17,6		
21	Агент 1	5	77	15,4	69,3	-2,2		
22	Агент 2	5	67	13,4	59,3	-4,2		
23	Агент 3	5	102	20,4	104,3	2,8		
24	Агент 4	5	106	21,2	67,7	3,6		
25								
26								
27	Дисперсионный анализ							
28	<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Значение</i>	<i>F критическое</i>	
29	Строки	1011,3	4	252,825	15,8759812	9,745E-05	3,259166727	
30	Столбцы	216,4	3	72,1333	4,52956567	0,0240953	3,490294819	
31	Погрешность	191,1	12	15,925				
32		станд. отклонение		3,99061				
33	Итого	1418,8	19					

Рис. 61.3. Выходные данные рандомизированного блочного плана

Вычислите общее среднее (17,6) в ячейке G12 по формуле =СРЗНАЧ(D6:G10). Влияние агентов и регионов вычисляется путем копирования формулы =E15-\$G\$12 из ячейки G15 в G16:G24. В качестве примера можно вычислить прогнозируемые продажи четвертого агента во втором регионе как  $17,6 - 2,85 + 3,6 = 18,35$ . Это значение вычислено в ячейке D38 (рис. 61.4) по формуле =G12+G16+G24. Если бы влияние региона было значимо, а влияние торгового агента незначимо, прогнозируемые продажи для четвертого агента во втором регионе составили бы  $17,6 - 2,85 = 14,75$ .

	С	Д	Е
36	<b>Регион 2</b>		
37	<b>Агент 4</b>	<b>Прогноз</b>	
38	<b>Среднее</b>	<b>18,35</b>	
39	<b>Нижняя гр.</b>	<b>10,3688</b>	
40	<b>Верхняя гр.</b>	<b>26,3312</b>	

Рис. 61.4. Прогноз объема продаж для четвертого агента во втором регионе

Как и в однофакторном дисперсионном анализе, стандартное отклонение ошибок прогноза равно корню квадратному из среднеквадратичной погрешности, показанной в ячейке E31. Стандартное отклонение вычислено в ячейке E32 по формуле =КОРЕНЬ(E31). Таким образом, можно быть уверенным на 95%, что если четвертый агент будет назначен во второй регион, ежемесячные объемы продаж составят от

$18,35 - 2 \times 3,99 = 10,37$  до  $18,35 + 2 \times 3,99 = 26,33$ . Эти границы вычислены в ячейках D39 и D40 по формулам  $=D38-2*E32$  и  $=D38+2*E32$ , соответственно.

**Как определить, влияет ли на продажи видеоигр изменение цены и уровень расходов на рекламу? Как определить, значимо ли взаимодействие цены и рекламы?**

Если для каждой комбинации факторов в строках и столбцах имеется более одного наблюдения, следует воспользоваться двухфакторным дисперсионным анализом с повторениями. Для выполнения такого анализа в Excel число наблюдений для каждой комбинации факторов в строках и столбцах должно быть одинаковым.

В дополнение к проверке значимости факторов в строках и столбцах можно также проверить значимость взаимодействия между ними. Например, если необходимо определить, как цена и уровень расходов на рекламу влияют на объемы продаж, взаимосвязь между ценой и уровнем расходов на рекламу означает, что эффект от изменения уровня расходов на рекламу будет зависеть от уровня цены (или, что то же самое, эффект от изменения цены будет зависеть от уровня расходов на рекламу). Отсутствие взаимодействия между ценой и рекламой означает, что эффект от изменения цены не будет зависеть от стоимости рекламы.

В качестве примера для двухфакторного дисперсионного анализа с повторениями определим, как цена и уровень расходов на рекламу влияют на ежемесячные продажи видеоигр. В файле *Twowayanova.xlsx* на листе *Two Way ANOVA No Interaction* находятся данные, представленные на рис. 61.5. Например, в течение трех месяцев, когда уровень расходов на рекламу был низким, а цена была средней, продали 21, 20 и 16 единиц продукции.

	В	С	Д	Е	Ф	Г
1		Среднее	25,037			
2			Цена			
3			Низкая	Средняя	Высокая	Эффект
4		Низкий уровень	41	21	10	-5,59259
5	Реклама		25	20	11	
6			23	16	8	
7		Средний уровень	28	28	11	-1,81481
8			30	22	22	
9			32	18	18	
10		Высокий уровень	35	26	21	7,407407
11			45	40	26	
12			47	32	20	
13		Эффект	8,963	-0,259259	-8,7037	

Рис. 61.5. Данные о продажах видеоигр; взаимодействие отсутствует

Обратите внимание, что для каждой комбинации "цена—реклама" имеется ровно по три наблюдения. В ячейке D1 по формуле  $=CP3NAЧ(D4:F12)$  вычислено общее среднее (25,037) для всех наблюдений. В ячейках G4, G7 и G10 вычислены эффекты для каждого уровня рекламы. Например, эффект от низкого уровня расходов на рекламу равен среднему значению для низкого уровня расходов на рекламу минус общее среднее. Эффект от низкого уровня расходов на рекламу (-5,59) вычислен в ячейке



G4 по формуле  $=СРЗНАЧ(D4:F6)-\$D\$1$ . Аналогично вычисляются эффекты для каждого уровня цены путем копирования формулы  $=СРЗНАЧ(D4:D12)-\$D\$1$  из D13 в E13:F13.

Для анализа этих данных на вкладке **ДАННЫЕ (DATA)** выберите **Анализ данных (Data Analysis)** и затем в диалоговом окне **Анализ данных (Data Analysis)** выберите инструмент **Двухфакторный дисперсионный анализ с повторениями (Anova: Two-Factor With Replication)**. Открывшееся диалоговое окно заполните данными, как показано на рис. 61.6.

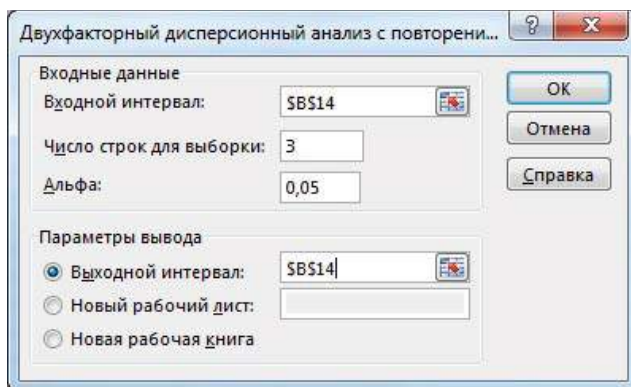


Рис. 61.6. Диалоговое окно **Двухфакторный дисперсионный анализ с повторениями** для запуска анализа с повторениями

Перед запуском анализа укажите следующую информацию.

- ◆ Входные данные, включая метки, находятся в диапазоне C3:F12. В Excel в двухфакторном дисперсионном анализе с повторениями для каждого уровня эффекта требуются метки в первой строке каждого столбца входного интервала. Таким образом, для указания возможного уровня цен в ячейки D3:F3 следует ввести Низкая, Средняя и Высокая. В Excel также требуются метки для каждого уровня эффекта в первом столбце входного интервала. Эти метки должны находиться в строках, отмечающих начало данных для каждого уровня. Таким образом, метки, соответствующие низкому, среднему и высокому уровню расходов на рекламу, следует разместить в ячейках C4, C7 и C10.
- ◆ В поле **Число строк для выборки (Rows Per Sample)** введите 3, поскольку для каждой комбинации "цена—реклама" имеется три повторения.
- ◆ Для левой верхней ячейки выходного интервала укажите ячейку B14.

Наиболее важной частью выходных данных является таблица дисперсионного анализа, представленная на рис. 61.7.

Как и в случае с рандомизированными блоками, влияние (включая взаимодействие) значимо, если  $p$ -значение меньше 0,15. Здесь Выборка (строка для воздействия рекламы) и Цена (показанная в строке с меткой Столбцы) являются высокозначимыми, а значимое взаимодействие отсутствует. ( $p$ -значение для взаимодействия равно 0,79!) Таким образом, можно заключить, что цена и реклама влияют на объем продаж и воздействие рекламы на объем продаж не зависит от уровня цены. На рис. 61.8

приведена диаграмма среднего объема продаж для каждой комбинации "цена—реклама". Как видно из рисунка, цена и реклама не проявляют значимого взаимодействия. (См. лист Graph No Interaction.)

	В	С	Д	Е	Ф	Г	Н	И
42	Дисперсионный анализ							
43	Источник вариации	SS	df	MS	F	P-Значение	F крит	F критическое
44	Выборка	804,963	2	402,481	13,5	0,00026045	3,5546	3,55456109
45	Столбцы	1405,407	2	702,704	23,6	9,3204E-06	3,5546	3,55456109
46	Взаимодействие	50,59259	4	12,6481	0,42	0,78877694	2,9277	2,92774871
47	Внутри	536	18	29,7778				
48								
49	Итого	2796,963	26					

Рис. 61.7. Выходные данные двухфакторного дисперсионного анализа с повторениями; взаимодействие отсутствует

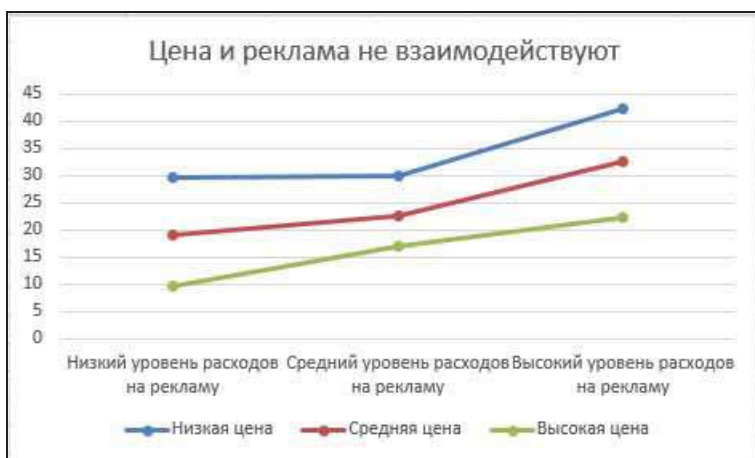


Рис. 61.8. Взаимодействие между ценой и рекламой в этом наборе данных отсутствует

Следует отметить, что по мере повышения уровня расходов на рекламу средние объемы продаж увеличиваются примерно с одинаковой скоростью, независимо от низкого, среднего или высокого уровня цены. В принципе, можно распознать отсутствие взаимодействия по тому факту, что линии для каждого уровня цены почти параллельны.

### Как интерпретировать влияние цены и рекламы на продажи при отсутствии значимого взаимодействия между ценой и рекламой?

В отсутствие значимого взаимодействия можно прогнозировать объемы продаж в двухфакторном дисперсионном анализе с повторениями так же, как в двухфакторном дисперсионном анализе без повторений в соответствии со следующим уравнением (уравнение 2):

$$\text{прогнозируемый объем продаж} = \text{общее среднее} + [\text{строка или эффект рекламы (если значим)}] + [\text{столбец или эффект цены (если значим)}].$$

В этом анализе предполагается, что цена и реклама являются единственными факторами, влияющими на объем продаж. Если продажи имеют ярко выраженный сезонный характер, в анализ необходимо включить сезонность. (Сезонность рассматривается в главах 63 и 65.) Например, если цена высокая, а уровень расходов на рекламу средний, прогнозируемый объем продаж составит  $25,037 + (-1,814) + (-8,704) = 14,52$ . (См. ячейку E54 на рис. 61.9, на котором снова представлен лист Two Way ANOVA No Interaction.) На рис. 61.5 было показано, что общее среднее равно 25,037, эффект от среднего уровня расходов на рекламу равен  $-1,814$  и эффект от высокой цены равен  $-8,704$ .

	B	C	D	E	F	G	H	I
42	<b>Дисперсионный анализ</b>							
43	<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Значение</i>	<i>F крит</i>	<i>F критическое</i>
44	Выборка	804,963	2	402,481	13,5	0,00026045	3,5546	3,55456109
45	Столбцы	1405,407	2	702,704	23,6	9,3204E-06	3,5546	3,55456109
46	Взаимодействие	50,59259	4	12,6481	0,42	0,78877694	2,9277	2,92774871
47	Внутри	536	18	29,7778				
48								
49	<b>Итого</b>	<b>2796,963</b>	<b>26</b>					
50								
51			Станд. отклон.	5,4569				
52			<b>Средний уровень расходов на рекламу</b>					
53			<b>Высокая цена</b>					
54			Среднее	14,5185				
55			Нижняя гр.	3,60471				
56			Верхняя гр.	25,4323				

Рис. 61.9. Прогноз для объема продаж при высокой цене и среднем уровне рекламы

Стандартное отклонение ошибок прогноза равно корню квадратному из среднеквадратичной погрешности:

$$\sqrt{29,78} = 5,46.$$

С вероятностью 95% прогноз будет точен в пределах 10,92 единиц. Другими словами, можно быть на 95% уверенным, что объем продаж в течение месяца при высокой цене и среднем уровне расходов на рекламу составит от 3,60 до 25,43 единиц.

На листе Two Way ANOVA with Interaction данные из предыдущего примера были заменены данными, показанными на рис. 61.10. Результаты, полученные после выполнения двухфакторного дисперсионного анализа с повторениями, представлены на рис. 61.11.

В этом наборе данных  $p$ -значение для взаимодействия равно 0,001. Если  $p$ -значение для взаимодействия небольшое (меньше 0,15), можно даже не проверять  $p$ -значения для факторов в строке и столбце. Прогнозируемый объем продаж для любой комбинации цены и уровня расходов на рекламу равен среднему трех наблюдений, включающих эту комбинацию цены и уровня расходов на рекламу. Например, наилучший прогноз для объема продаж в течение месяца при высоком уровне расходов на рекламу и средней цене равен:

$$\frac{34 + 40 + 32}{3} = \frac{106}{3} = 35,555 \text{ ед.}$$

	C	D	E	F	G
2				Цена	
3					
4			Низкая	Средняя	Высокая
5		Низкий уровень	41	21	15
6	Реклама		25	20	14
7			23	16	13
8		Средний уровень	28	28	14
9			30	22	13
10			32	18	12
11		Высокий уровень	50	34	13
12			51	40	13
13			52	32	13

Рис. 61.10. Данные продаж при взаимодействии между ценой и рекламой

	C	D	E	F	G	H	I
43	Дисперсионный анализ						
44	Источник вариации	SS	df	MS	F	P-Значение	F критич
45	Выборка	828,962963	2	414,4815	24,22294	7,8567E-06	3,55456
46	Столбцы	2498,740741	2	1249,37	73,01515	2,3075E-09	3,55456
47	Взаимодействие	509,9259259	4	127,4815	7,450216	0,00100645	2,92774
48	Внутри	308	18	17,11111			
49							
50	Итого	4145,62963	26				
51		Станд. отклонение	4,13656				

Рис. 61.11. Выходные данные для двухфакторного дисперсионного анализа с повторениями

Стандартное отклонение ошибок прогноза по-прежнему равно корню квадратному из среднеквадратичной погрешности:

$$\sqrt{17,11} = 4,14.$$

Таким образом, прогноз для объема продаж с вероятностью 95% окажется точным в пределах 8,26 ед.



Рис. 61.12. В этом наборе данных цена и уровень рекламы проявляют значимое взаимодействие

На рис. 6.12 показано, почему эти данные проявляют значимое взаимодействие между ценой и уровнем расходов на рекламу. Для низкой и средней цены повышение расходов на рекламу приводит к повышению среднего объема продаж, но если цена высокая, повышение расходов на рекламу не оказывает влияния на средний объем продаж. Это объясняет невозможность предсказания объема продаж по уравнению 2 при наличии значимого взаимодействия. В конце концов, как можно говорить о влиянии рекламы, когда влияние рекламы зависит от цены?

Главное, что можно сказать об этой диаграмме — серии данных не параллельны. Это говорит о том, что для различных уровней цен изменение расходов на рекламу имеет различное воздействие на объем продаж.

## Задания

Данные к заданиям находятся в файле Ch61.xlsx.

1. Считается, что давление (высокое, среднее или низкое) и температура (высокая, средняя или низкая) влияют на продуктивность процесса. Приняв это за основу, решите следующие задачи.
  - Исходя из данных на листе *Problem 1*, определите, температура и/или давление влияет на продуктивность процесса.
  - В каких пределах с вероятностью 95% находится выход продукции при высоком давлении и низкой температуре?
2. Требуется определить, как отдельный торговый агент и число коммерческих звонков врачу (один, три и пять) влияют на сумму (в тысячах долларов), на которую каждый врач выписывает лекарственный препарат. Исходя из данных на листе *Problem 2*, найдите ответы на следующие вопросы:
  - Как агент и число коммерческих звонков влияют на объем продаж?
  - Если третий агент сделал пять звонков врачу, то в пределах какой суммы в долларах с вероятностью 95% врач выпишет рецепты?
3. Ответьте на вопросы к заданию 2, исходя из данных на листе *Problem 3*.
4. Файл *Coupondata.xlsx* содержит информацию о продажах арахисового масла в течение нескольких недель, когда покупателям выдавался (или не выдавался) купон и когда реклама была (или не была) напечатана в воскресной газете. Опишите, как купон и реклама влияют на продажи арахисового масла.

# Скольльзящие средние для временных рядов

### Обсуждаемый вопрос

- ♦ Я пытаюсь проанализировать тенденцию роста ежеквартальных доходов Amazon.com с 1996 г. Объем продаж в четвертом квартале в США обычно больше (из-за Рождества), чем объем продаж в первом квартале следующего года. Такая структура продаж затемняет тенденцию к росту продаж. Как показать тенденцию к росту доходов графически?

### Обсуждаемый вопрос

---

В этом разделе приведен ответ на вопрос.

Данные временных рядов просто отображают одну и ту же величину во времени. Например, данные в файле Amazon.com.xlsx, часть которых показана на рис. 62.1, отображают временной ряд для ежеквартальных доходов в миллионах долларов для Amazon.com. Данные охватывают временной интервал от четвертого квартала 1995 г. до третьего квартала 2012 г.

Для построения диаграммы этого временного ряда выделите диапазон C2:D70, который содержит номер квартала (от 1 до 69) и ежеквартальные доходы Amazon.com (в миллионах долларов). Затем на вкладке **ВСТАВКА** (INSERT) в группе **Диаграммы** (Chart) выберите второй тип точечной диаграммы — **Точечная с гладкими кривыми и маркерами** (Scatter With Smooth Lines And Markers). Диаграмма временного ряда показана на рис. 62.2.

На рисунке наблюдается тенденция к росту доходов, но тот факт, что из-за доходов в четвертом квартале доходы в первых трех кварталах каждого года кажутся небольшими, затрудняет поиск тенденции. Поскольку в году четыре квартала, было бы неплохо отобразить на диаграмме средние доходы за предыдущие четыре квартала. Это поведение называется *скользящей средней для четырех периодов*. Использование скользящей средней за четыре квартала сглаживает влияние сезонных колебаний, поскольку каждое среднее будет содержать одну точку данных для каждого квартала. Такая диаграмма называется *графиком скользящей средней*, т. к. нанесенные на диаграмму средние значения смещаются во времени. Графики скользящей средней также сглаживают случайные изменения, что позволяет получить более полное представление о том, что происходит с данными.

Для построения графика скользящей средней ежеквартальных доходов необходимо изменить диаграмму. Выделите диаграмму и щелкните по точке данных правой

▲	A	B	C	D
1				млн
2	Год	Сезон	Квартал	Доход
3	1995	4	1	0,511
4	1996	1	2	0,875
5	1996	2	3	2,23
6	1996	3	4	4,173
7	1996	4	5	8,468
8	1997	1	6	16,005
9	1997	2	7	27,855
10	1997	3	8	37,887
11	1997	4	9	66,04
12	1998	1	10	87,361
13	1998	2	11	115,982
14	1998	3	12	153,649
15	1998	4	13	252,893
16	1999	1	14	293,643
17	1999	2	15	314,376
18	1999	3	16	355,778
19	1999	4	17	676,042
20	2000	1	18	573,889
21	2000	2	19	577,876
22	2000	3	20	637,858

Рис. 62.1. Ежеквартальные доходы от продаж Amazon.com

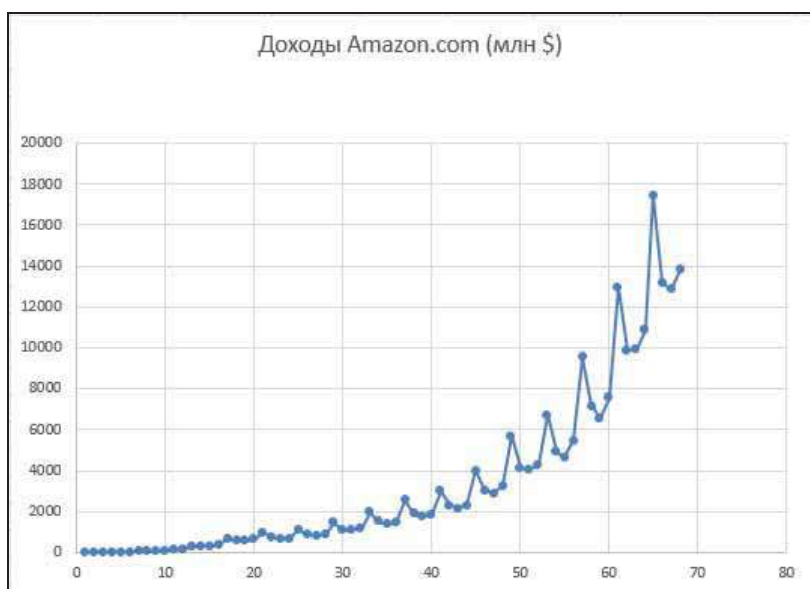


Рис. 62.2. Временной ряд ежеквартальных доходов Amazon.com

кнопкой мыши и выберите **Добавить линию тренда** (Add Trendline), затем установите переключатель в положение **Линейная фильтрация** (Moving Average) и выберите в списке **Точки** значение **4**. На диаграмму добавится кривая скользящей средней за четыре квартала (рис. 62.3, файл Amazon.com.xlsx).

Для каждого квартала вычерчивается среднее для текущего квартала и трех предыдущих кварталов. Безусловно, для скользящей средней за четыре квартала скользящая средняя начинается с четвертой точки данных. Кривая скользящей средней ясно показывает, что доходы Amazon.com имеют устойчивую тенденцию к повышению. Фактически наклон скользящей средней за четыре квартала увеличивается. По всей вероятности наклон этого графика скользящей средней, в конце концов, выровняется, в результате чего график будет выглядеть так, как S-образная кривая. Инструмент Excel **Кривая тренда** (Trend Curve) не подбирает S-образные кривые, но для подбора к данным S-образных кривых в Microsoft Excel 2013 можно использовать инструмент **Поиск решения** (Solver). Подбор S-образных кривых к данным см. в книге Уэйна Винстона "Анализ рынков" (Wayne L. Winston. Marketing Analytics).

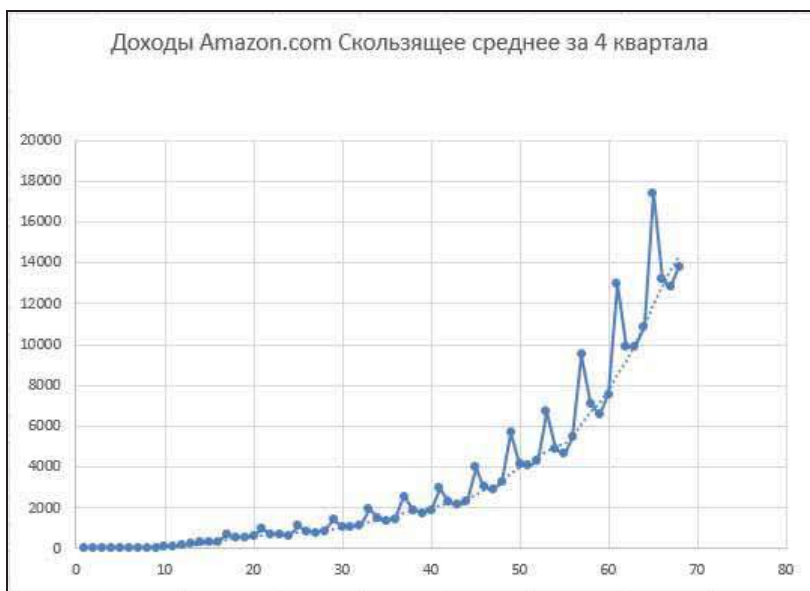


Рис. 62.3. Кривая скользящей средней за четыре квартала

## Задание

Файл Ch62data.xlsx содержит квартальные доходы GM, Ford и GE. Постройте кривую скользящей средней за четыре квартала для доходов каждой компании. Опишите, что можно узнать по каждой кривой тренда.





# Метод Винтерса

Часто необходимо предсказать будущие значения временного ряда, такие как ежемесячные расходы или ежемесячная выручка от продукта. Как правило, это вызывает затруднения, поскольку характеристики любого временного ряда постоянно меняются. В большинстве случаев для прогнозирования будущих значений временного ряда рекомендуется применять методы сглаживания или адаптивные методы. В этой главе обсуждается самый мощный метод сглаживания — метод Винтерса. Для ознакомления с методом Винтерса рассмотрим прогнозирование ежемесячного объема строительства нового жилья в США. Объем строительства нового жилья — это просто количество новых домов, строительство которых началось в течение месяца. Начнем с описания трех ключевых характеристик временных рядов.

## Характеристики временных рядов

---

Поведение большинства временных рядов можно объяснить тремя характеристиками: база, тренд и сезонность.

- ◆ База ряда описывает текущий уровень ряда в отсутствие какой-либо сезонности. Например, предположим, что базовый уровень объема строительства нового жилья в США равен 160 000 домов. В этом случае, если текущий месяц был средним месяцем относительно других месяцев года, можно считать, что объем нового строительства составит 160 000 домов.
- ◆ Тренд временного ряда — это процентное увеличение базы за период. Таким образом, тренд 1,02 означает, что, согласно оценке, объем нового строительства увеличивается на 2% каждый месяц.
- ◆ Сезонность (индекс сезонности) для периода говорит о том, насколько больше или меньше типичного ожидаемый ежемесячный объем нового строительства. Например, если индекс сезонности декабря составляет 0,8, то декабрьский объем нового строительства на 20% меньше типичного ежемесячного объема. Если индекс сезонности июня составляет 1,3, то июньский объем нового строительства на 30% больше типичного ежемесячного объема.

## Определение параметров

---

На основе всех данных, полученных в результате наблюдения в течение месяца  $t$ , вычисляются следующие представляющие интерес величины:

- ◆  $L_t$  — уровень ряда;
- ◆  $T_t$  — тренд ряда;
- ◆  $S_t$  — индекс сезонности для текущего месяца.

Ключом к методу Винтерса являются следующие три уравнения, с помощью которых обновляются величины  $L_t$ ,  $T_t$  и  $S_t$ . В следующих формулах  $\text{alp}$ ,  $\text{bet}$  и  $\text{gam}$  — это *сглаживающие постоянные*. Значения этих постоянных выбираются с целью оптимизации прогнозов. В следующих формулах  $c$  равно числу периодов в сезонном цикле (например,  $c = 12$  месяцев), а  $x_t$  равно наблюдаемому значению временного ряда в момент  $t$ .

- ◆ Формула 1:  $L_t = \text{alp}(x_t/s_{t-c}) + (1 - \text{alp})(L_{t-1} \times T_{t-1})$ .
- ◆ Формула 2:  $T_t = \text{bet}(L_t/L_{t-1}) + (1 - \text{bet})T_{t-1}$ .
- ◆ Формула 3:  $S_t = \text{gam}(x_t/L_t) + (1 - \text{gam})S_{t-c}$ .

Формула 1 показывает, что новая оценка базы равна взвешенному среднему текущего наблюдения (с исключенной сезонной составляющей) и базы предыдущего периода, обновленной в соответствии с последней оценкой тренда. Формула 2 показывает, что новая оценка тренда равна взвешенному среднему отношения текущей базы к базе предыдущего периода (это текущая оценка тренда) и тренда предыдущего периода. Формула 3 показывает, что обновленная оценка индекса сезонности равна взвешенному среднему оценки индекса сезонности, основанного на текущем периоде, и предыдущей оценки. Обратите внимание, что большие значения параметров сглаживания соответствуют большему весу текущего наблюдения.

$F_{t,k}$  можно определить как прогноз  $F$  после периода  $t$  для периода  $t+k$ . Таким образом,  $F_{t,k} = L_t(T_t)^k S_{t+k-c}$ . (формула 4.)

По этой формуле сначала с помощью текущей оценки тренда обновляется база на  $k$  периодов вперед. Затем получившаяся в результате оценка базы для периода  $t+k$  корректируется соответствующим индексом сезонности.

## Определение начальных параметров для метода Винтерса

Для запуска метода Винтерса необходимы начальные оценки базы, тренда и индексов сезонности ряда. В этом примере в качестве начальных данных для метода Винтерса использовались ежемесячные объемы строительства нового жилья за 1986 и 1987 гг. Затем были выбраны параметры сглаживания в целях оптимизации прогнозов на месяц вперед для 1988—1996 гг. (рис. 63.1 и файл House2.xlsx). Далее приведены выполненные шаги.

- ◆ **Шаг 1.** Например, январский индекс сезонности вычисляется как среднее январских объемов строительства нового жилья для 1986 и 1987 гг., деленное на средние ежемесячные объемы для 1986 и 1987 гг. Таким образом, расчетные индексы сезонности вычислены путем копирования формулы  $=\text{СРЗНАЧ}(B2:B14)/\text{СРЗНАЧ}(\$B\$2:\$B\$25)$  из G14 в G15:G25. Например, январский индекс равен 0,75, а июньский — 1,17.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Дата	Нов.строительство							1987 среднее	150,45
2	янв.86	105,4							1986 среднее	145,142
3	фев.86	95,4							Тренд	1,003
4	мар.86	145								
5	апр.86	175,8								
6	май.86	170,2								
7	июн.86	163,2								
8	июл.86	160,7								
9	авг.86	160,7								
10	сен.86	147,7					alp	bet	gam	
11	окт.86	173					0,493579	0,01481	0,272416175	
12	ноя.86	124,1								
13		120,5					индексы сезонности			
14	янв.87	115,6					0,747653			
15	фев.87	107,2					0,685405			
16	мар.87	151					1,001381			
17	апр.87	188,2					1,231428			
18	май.87	186,6					1,207071			
19	июн.87	183,6					1,17324			
20	июл.87	172					1,125539			
21	авг.87	163,8			Ср.абс.ошибка%	0,073102133	1,097798			
22	сен.87	154					1,020665			
23	окт.87	154,8					1,108962			
24	ноя.87	115,6	База	Тренд	Прогноз	Абс.ошибка%	0,810916			
25	дек.87	113	143	1,003			0,789941			
26	янв.88	105,1	142	1,003	107,2713731	0,020660083	0,745544			
27	фев.88	102,8	146,2	1,003	97,63508645	0,050242378	0,69028			
28	мар.88	141,2	143,9	1,003	146,8439035	0,03997101	0,995969			
29	апр.88	159,3	136,9	1,002	177,6761944	0,115355876	1,212913			
30	май.88	158	134,1	1,002	165,6341756	0,048317567	1,199217			

Рис. 63.1. Определение начальных параметров для метода Винтерса

- ♦ **Шаг 2.** Для вычисления среднего ежемесячного тренда следует разделить средний объем для 1987 г. на средний объем для 1986 г. и возвести в одну двенадцатую. Тренд вычислен в ячейке J3 (и скопирован в D25) по формуле  $= (J1/J2) ^ (1/12)$ .
- ♦ **Шаг 3.** База ряда вычисляется как декабрьское значение для 1987 г. с исключенной сезонной составляющей. База вычислена в ячейке C25 по формуле  $= (B25/G25)$ .

## Вычисление сглаживающих постоянных

Теперь можно вычислить сглаживающие постоянные. В столбце с обновляется база ряда, в столбце D — тренд ряда и в столбце G — индексы сезонности. В столбце E вычисляется прогноз для нескольких месяцев и в столбце F — абсолютная процентная ошибка для каждого месяца. Наконец, с помощью инструмента **Поиск решения** (Solver) выбираются значения для сглаживающих постоянных, минимизирующих сумму абсолютных процентных ошибок. Далее приведен пошаговый алгоритм вычисления.

- ♦ **Шаг 1.** В ячейки G11:I11 введите пробные значения (от 0 до 1) для сглаживающих постоянных.
- ♦ **Шаг 2.** В ячейках C26:C119 по формуле 1 вычислите обновленные уровни ряда путем копирования формулы  $=alp*(B26/G14) + (1-alp) * (C25*D25)$  из C26 в C27:C119.

- ◆ **Шаг 3.** В ячейках D26:D119 по формуле 2 обновите тренд ряда путем копирования формулы  $=bet*(C26/C25)+(1-bet)*D25$  из D26 в D27:D119.
- ◆ **Шаг 4.** В ячейках G26:G119 по формуле 3 обновите индексы сезонности путем копирования формулы  $=gam*(B26/C26)+(1-gam)*G14$  из G26 в G27:G119.
- ◆ **Шаг 5.** В ячейках E26:E119 по формуле 4 вычислите прогноз для текущего месяца путем копирования формулы  $=(C25*D25)*G14$  из E26 в E27:E119.
- ◆ **Шаг 6.** В ячейках F26:F119 вычислите абсолютную процентную ошибку для каждого месяца путем копирования формулы  $=ABS(B26-E26)/B26$  из F26 в F27:F119.
- ◆ **Шаг 7.** Вычислите среднюю абсолютную процентную ошибку для 1988—1996 гг. в ячейке F21 по формуле  $=СРЗНАЧ(F26:F119)$ .
- ◆ **Шаг 8.** Теперь с помощью инструмента **Поиск решения (Solver)** определите значения сглаживающих постоянных, минимизирующие среднюю абсолютную процентную ошибку. Диалоговое окно **Параметры поиска решения (Solver Parameters)** показано на рис. 63.2.

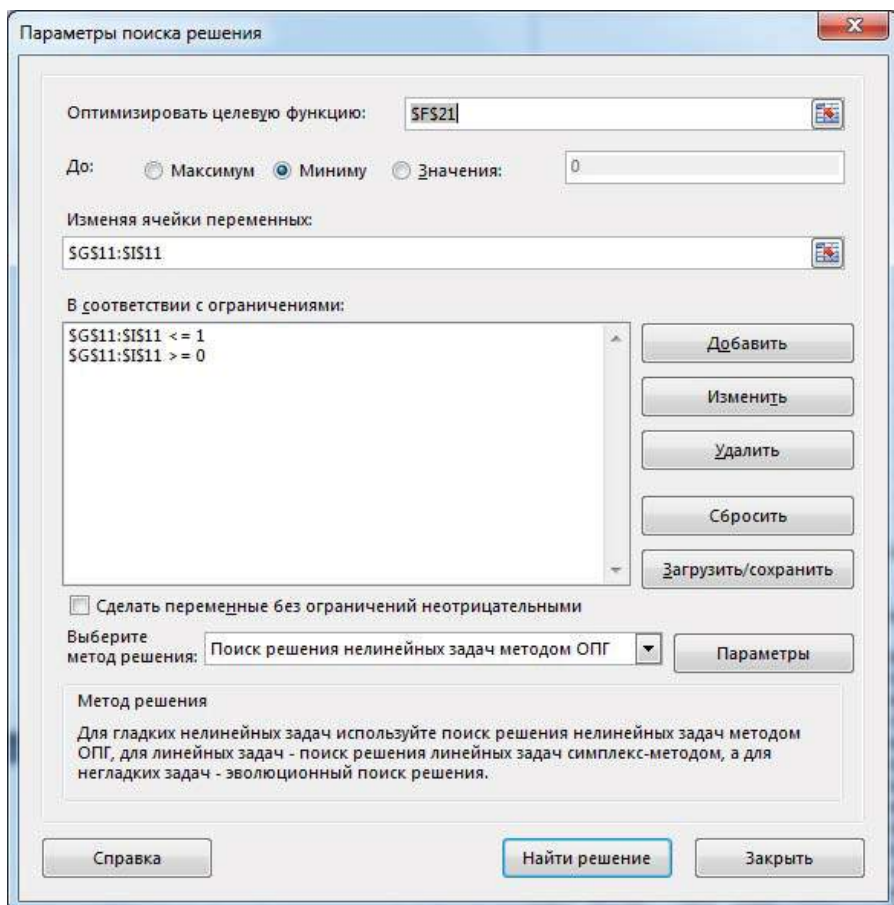


Рис. 63.2. Диалоговое окно Параметры поиска решения для модели Винтерса

Сглаживающие постоянные ( $G_{11:111}$ ) используются для минимизации средней абсолютной процентной ошибки (ячейка F21). Инструмент **Поиск решения** (Solver) обеспечивает поиск оптимальной комбинации сглаживающих постоянных. Значения сглаживающих постоянных должны находиться в пределах от 0 до 1. Здесь средняя абсолютная процентная ошибка минимизируется при  $\alpha = 0,50$ ,  $\beta = 0,01$  и  $\gamma = 0,27$ . Возможно, для сглаживающих постоянных будут найдены немного отличающиеся значения, но значение средней абсолютной процентной ошибки должно быть близко к 7,3%. В этом примере многие комбинации сглаживающих постоянных дают прогнозы практически с одинаковой средней абсолютной процентной ошибкой. Прогноз на месяц вперед ошибочен в среднем на 7,3%.

## Замечания

---

- ◆ Вместо выбора сглаживающих постоянных для оптимизации ошибок прогноза вперед на один период можно было бы, например, выбрать оптимизацию средней абсолютной процентной ошибки прогнозирования общих объемов строительства для следующих шести месяцев.
- ◆ Если в конце месяца  $t$  требуется предсказать объемы продаж для следующих четырех кварталов, можно просто сложить  $F_{t,1} + F_{t,2} + F_{t,3} + F_{t,4}$ . При необходимости можно выбрать сглаживающие постоянные для минимизации абсолютной процентной ошибки прогнозирования объемов продаж для следующих нескольких лет.

## Задания

---

Данные для всех заданий находятся в файле Quarterly.xlsx.

1. С помощью метода Винтерса спрогнозируйте доходы Apple на один квартал вперед.
2. С помощью метода Винтерса спрогнозируйте доходы Amazon.com на один квартал вперед.
3. С помощью метода Винтерса спрогнозируйте доходы Home Depot на один квартал вперед.
4. С помощью метода Винтерса спрогнозируйте суммарный доход Home Depot для следующих двух кварталов.



# Метод прогнозирования "по отношению к скользящему среднему"

### Обсуждаемые вопросы

- ◆ Каков тренд временного ряда?
- ◆ Как определить индексы сезонности для временного ряда?
- ◆ Существует ли простой способ включения тренда и сезонности в прогнозирование будущих объемов продаж продукта?

Часто для прогнозирования будущих ежеквартальных доходов корпорации или ежемесячных объемов продаж продукта требуется простой точный метод. Для таких ситуаций подходит точный и простой в использовании метод прогнозирования "по отношению к скользящему среднему".

В файле *Ratioma.xlsx* находятся данные о продажах продукта за 20 кварталов (см. на рис. 64.1 строки 5—24). Требуется предсказать объемы продаж в следующих четырех кварталах (кварталы 21—24). Этот временной ряд характеризуется трендом и индексом сезонности.

### Ответы на вопросы

---

В этом разделе приведены ответы на вопросы, перечисленные в начале главы.

#### Каков тренд временного ряда?

Например, тренд 10 единиц продукции за квартал означает, что объем продаж увеличивается на 10 единиц продукции за квартал, а тренд  $-5$  единиц продукции за квартал означает, что объем продаж имеет тенденцию к снижению на 5 единиц в квартал.

#### Как определить индексы сезонности для временного ряда?

Известно, что компания Walmart ожидает большое увеличение объемов продаж в четвертом квартале года (благодаря праздникам). Если это не учесть, трудно составить точный прогноз квартальных доходов компании Walmart. Более полно представить модель продаж компании позволяют индексы сезонности. Квартальные индексы сезонности для доходов Walmart:

- ◆ квартал 1 (январь–март): 0,90;
- ◆ квартал 2 (апрель–июнь): 0,98;



- ◆ квартал 3 (июль–сентябрь): 0,96;
- ◆ квартал 4 (октябрь–декабрь): 1,16.

Эти индексы означают, например, что объем продаж в четвертом квартале, как правило, на 16% выше, чем объем продаж для квартала в среднем. *Индексы сезонности должны быть в среднем равны 1.*

Рекомендуется проверить свое представление об индексах сезонности, ответив на следующий вопрос: если объем продаж компании Walmart в четвертом квартале 2013 г. составил 200 млрд долларов, а в первом квартале 2014 г. — 180 млрд долларов, идут ли дела в компании Walmart лучше или хуже? Ключом к ответу на вопрос является *устранение влияния сезонных изменений* на объемы продаж и выражение объема продаж для каждого квартала относительно "среднего" квартала. Например, объем продаж в четвертом квартале 2013 г. эквивалентен продажам на сумму  $200/1,16 = 172,4$  млрд долларов в "среднем" квартале, а объем продаж в первом квартале 2014 г. эквивалентен продажам на сумму  $180/0,9 = 200$  млрд долларов в "среднем" квартале. Таким образом, несмотря на то, что фактический объем продаж в компании Walmart снизился на 10%, по всей видимости, объем продаж увеличивается на  $(200/172,4) - 1 = 16\%$  за квартал. Этот простой пример показывает, насколько важны индексы сезонности компании или продукта.

### Существует ли простой способ включения тренда и сезонности в прогнозирование будущих объемов продаж продукта?

Теперь давайте обратимся к простому методу прогнозирования "по отношению к скользящему среднему". Этот метод позволяет быстро вычислить тренд и индексы сезонности временного ряда и упрощает генерацию прогноза будущих значений временного ряда. Результаты его работы представлены на рис. 64.1 и в файле *Ratioma.xlsx*.

Начнем с оценки уровня ряда с исключенной сезонной составляющей для каждого периода (с использованием центрированных скользящих средних). Затем к оценкам с исключенной сезонной составляющей (в столбце €) подберем линию тренда. Далее определим индекс сезонности для каждого квартала. Наконец, вычислим будущий уровень ряда путем экстраполяции линии тренда и затем спрогнозируем объемы продаж путем включения сезонной составляющей в оценку линии тренда.

- ◆ **Вычисление скользящих средних.** Сначала для каждого квартала вычислите скользящее среднее за четыре квартала (четыре квартала устраняют сезонность) путем усреднения значений предыдущего квартала, текущего квартала и двух следующих кварталов. Для этого скопируйте формулу `=СРЗНАЧ(Е5:Е8)` из F6 в F7:F22. Например, для второго квартала скользящее среднее равно  $0,25 \times (24 + 44 + 61 + 79) = 52$ .
- ◆ **Вычисление центрированных скользящих средних.** Скользящее среднее для второго квартала центрируется кварталом 2,5, а скользящее среднее для третьего квартала — кварталом 3,5. Усреднение этих двух скользящих средних дает центрированное скользящее среднее, оценивающее уровень процесса в конце

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1				наклон	6,938786765						
2				нач.						Индекс	нормализов
3				ордината	30,16617647				Квартал	сезонности	анный
4							Факт/ центр.С	Прогноз	1	0,8185469	0,81373678
4	№ квартала	Год	Квартал	Продажи	СС за 4 периода	Центр. СС			2	0,9393395	0,9338196
5	1	1	1	24					3	1,0673637	1,06109143
6	2	1	2	44	52				4	1,1983944	1,19135219
7	3	1	3	61	58	55,00	1,11				
8	4	1	4	79	63,5	60,75	1,30				
9	5	2	1	48	71	67,25	0,71				
10	6	2	2	66	77,5	74,25	0,89				
11	7	2	3	91	82,5	80,00	1,14				
12	8	2	4	105	87,25	84,88	1,24				
13	9	3	1	68	89,5	88,38	0,77				
14	10	3	2	85	94,5	92,00	0,92				
15	11	3	3	100	104,25	99,38	1,01				
16	12	3	4	125	114,25	109,25	1,14				
17	13	4	1	107	123,75	119,00	0,90				
18	14	4	2	125	132,25	128,00	0,98				
19	15	4	3	138	139,25	135,75	1,02				
20	16	4	4	159	146,75	143,00	1,11				
21	17	5	1	135	156	151,38	0,89				
22	18	5	2	155	164,25	160,13	0,97				
23	19	5	3	175							
24	20	5	4	192							
25	21	6	1			175,8806985		143,1206			
26	22	6	2			182,8194853		170,7204			
27	23	6	3			189,7582721		201,3509			
28	24	6	4			196,6970588		234,3355			

Рис. 64.1. Данные для прогнозирования по "отношению к скользящему среднему"

третьего квартала. Скопируйте формулу =СРЗНАЧ(F6:F7) из ячейки G7 в G8:G22 для вычисления уровня ряда в каждом периоде — без сезонной составляющей!

- ◆ **Подбор линии тренда к централизованным скользящим средним.** С помощью централизованных скользящих средних подберите линию тренда для оценки будущего уровня ряда.

В ячейке F1 по формуле =НАКЛОН(G7:G22;B7:B22) найдите наклон линии тренда, а в ячейке F2 по формуле =ОТРЕЗОК(G7:G22;B7:B22) найдите начальную ординату линии тренда. Теперь можно рассчитать уровень ряда в квартале  $t$  как  $6,94t + 30,17$ . Скопируйте формулу =intercept+slope\*B23 из G25 в G26:G28 для вычисления уровня ряда в 21-м квартале и далее<sup>1</sup>.

- ◆ **Вычисление индексов сезонности.** Напомним, что индекс сезонности для квартала, например 2,0, означает, что объем продаж в этом квартале в два раза превышает объем продаж для "среднего" квартала, а индекс сезонности 0,5 для квартала означает, что объем продаж в этом квартале составляет половину объема продаж для "среднего" квартала. Для определения индексов сезонности сначала вычислим отношение фактических продаж к централизованному скользяще-

<sup>1</sup> Здесь intercept — ячейка F2, slope — ячейка F1 и season — ячейки J3:L6. — Пер.

му среднему для каждого квартала, для которого имеются данные о продажах. Для этого скопируйте формулу  $=E7/G7$  из ячейки H7 в H8:H22. Например, как видно из рисунка, для каждого первого квартала продажи составили 71, 77, 90 и 89% от среднего, поэтому индекс сезонности для первого квартала можно вычислить как среднее для этих четырех величин (82%). Для вычисления начальной оценки индексов сезонности скопируйте формулу  $=СЗНАЧЕСЛИ(\$D\$7:\$D\$22; J3; \$H\$7:\$H\$22)$  из ячейки K5 в K6:K8. Эта формула усредняет четыре оценки, имеющиеся для индекса сезонности первого квартала.

К сожалению, полученные индексы сезонности не равны в среднем 1. Для обеспечения этого условия скопируйте формулу  $=K3/СРЗНАЧ(\$K\$3:\$K\$6)$  из L3 в L4:L6.

- ◆ **Прогнозирование объемов продаж для кварталов 21—24.** Для создания прогноза продаж в каждом будущем квартале просто умножьте вычисленный уровень ряда для каждого квартала (из столбца G) на соответствующий индекс сезонности. Вычислите окончательный прогноз для кварталов 21—24, скопировав формулу  $=ВПР(D25; season; 3) * G25$  из ячейки I25 в I26:I28.

Если предполагается, что тренд ряда недавно изменился, можно оценить его на основе самых последних данных. Например, можно получить новую оценку тренда с помощью центрированных скользящих средних для кварталов 13—18 по формуле  $=НАКЛОН(G17:G22; B17:B22)$ . В результате предполагаемый тренд составит 8,09 единиц за квартал. Если требуется предсказать продажи, например, в квартале 22, то для оценки уровня ряда в квартале 22 необходимо добавить  $4 * (8,09)$  к последнему имеющемуся центрированному скользящему среднему (160,13) для квартала 18. Затем результат следует умножить на индекс сезонности второго квартала (0,933) и получить окончательный прогноз для объема продаж в этом квартале:  $(160,13 + 4 * 8,09) * 0,933 = 179,6$  единиц.

## Задание

В файле Walmartdata.xlsx содержатся данные о квартальных доходах Walmart за 1994—2009 гг. С помощью метода "по отношению к скользящему среднему" предскажите доходы за третий и четвертый кварталы 2009 г. и первый и второй кварталы 2010 г. На основе данных за 53—60 кварталы создайте оценку тренда для прогноза.

# Прогноз для особых случаев

### Обсуждаемые вопросы

- ◆ Как определить, влияют ли особые факторы на трафик клиентов?
- ◆ Как оценить точность прогноза?
- ◆ Как проверить, не случайны ли ошибки прогноза?

Для студенческого проекта в начале 1990-х (до прямых депозитов!) я вместе с группой пытался составить прогноз для числа клиентов, ежедневно посещающих филиал Eastland Plaza Branch кредитного союза Университета Индианы. Деловые встречи с управляющим филиалом позволили выявить следующие факторы, влияющие на число клиентов:

- ◆ месяц года;
- ◆ день недели;
- ◆ день выдачи зарплаты профессорско-преподавательскому составу или служебному персоналу;
- ◆ день до или после праздничного дня.

### Ответы на вопросы

---

В этом разделе приведены ответы на вопросы, перечисленные в начале главы.

#### Как определить, влияют ли особые факторы на трафик клиентов?

Собранные данные находятся на листе *Original* в файле *Creditunion.xlsx* (рис. 65.1). Если для этих данных попытаться выполнить регрессионный анализ с фиктивными переменными (как описано в *главе 58*), то зависимая переменная — это число обслуживаемых каждый день клиентов (данные в столбце *E*). Кроме того, потребуется 19 независимых переменных:

- ◆ одиннадцать для вычисления месяца (12 месяцев минус 1);
- ◆ четыре для вычисления дня недели (5 рабочих дней минус 1);
- ◆ два для вычисления типа дня выплаты зарплаты, которая происходит каждый месяц;
- ◆ два для вычисления дня, следующего за праздничным днем, и дня, предшествующего праздничному дню.

	В	С	Д	Е	F	G	Н	И	Ж
1								Рср.кв.др.	0,771186
2									
3	Месяц	День месяца	День недели	Клиенты	Особые дни	SP	FAC	ВН	АН
4	1	2	2	1825	SP,FAC,ВН,АН	1	1	0	1
5	1	3	3	1257		0	0	0	0
6	1	4	4	969		0	0	0	0
7	1	5	5	1672	SP	1	0	0	0
8	1	8	1	1098		0	0	0	0
9	1	9	2	691		0	0	0	0
10	1	10	3	672		0	0	0	0
11	1	11	4	754		0	0	0	0
12	1	12	5	972		0	0	0	0
13	1	15	1	816		0	0	0	0
14	1	16	2	717		0	0	0	0
15	1	17	3	728		0	0	0	0
16	1	18	4	711		0	0	0	0
17	1	19	5	1545	SP	1	0	0	0
18	1	22	1	873		0	0	0	0
19	1	23	2	713		0	0	0	0
20	1	24	3	626		0	0	0	0
21	1	25	4	653		0	0	0	0
22	1	26	5	1080		0	0	0	0
23	1	29	1	650		0	0	0	0
24	1	30	2	644		0	0	0	0
25	1	31	3	803		0	0	0	0
26	2	1	4	1282	FAC		0	1	0

Рис. 65.1. Данные для прогноза трафика клиентов в кредитном союзе

Но в Microsoft Excel 2013 допускается только 15 независимых переменных, поэтому возникает проблема.

Если регрессионная модель прогнозирования требует более 15 независимых переменных, то вычислить коэффициенты независимых переменных можно с помощью инструмента Excel **Поиск решения** (Solver). Кроме того, в Excel можно вычислить значения  $R^2$  между прогнозируемым и фактическим трафиками клиентов и значение стандартного отклонения для ошибок прогнозирования. Для анализа данных (рис. 65.2) было создано уравнение прогноза, для поиска дня недели, месяца и других факторов использовалась таблица поиска. Затем с помощью инструмента **Поиск решения** (Solver) для каждого уровня каждого фактора были выбраны коэффициенты, дающие минимальную сумму квадратичных ошибок. (Ошибка для каждого дня равна разности между фактическим и прогнозируемым числом клиентов.) Рассмотрим пример подробно.

Начнем с создания переменных-индикаторов (в столбцах G—J) для дня выплаты зарплаты персоналу (SP), дня выплаты зарплаты преподавателям (FAC), дня перед праздником (ВН) и дня после праздника (АН) — см. рис. 65.1. Например, значение 1, введенное в ячейки G4, H4 и J4, указывает, что 2 января было днем выплаты зарплаты персоналу, днем выплаты зарплаты преподавателям и днем после праздника. В ячейке I4 содержится 0, показывающий, что 2 января — не день перед праздником.

Прогноз определяется константой (которая позволяет центрировать прогнозы для повышения точности) и влиянием каждого дня недели, каждого месяца, дня выплаты зарплаты персоналу, дня выплаты зарплаты преподавателям, дня перед праздником и дня после праздника. Введите пробные значения для всех этих параметров (в изменяемые ячейки инструмента **Поиск решения**) в диапазон ячеек O4:O26, показанный на рис. 65.2. Затем **Поиск решения** выберет значения, при которых модель наилучшим образом соответствует данным. Для каждого дня прогноз по количеству клиентов будет составлен с помощью следующего уравнения:

$$\text{прогнозируемое число клиентов} = \text{константа} + (\text{влияние месяца}) + (\text{влияние дня недели}) + (\text{влияние дня выплаты з/п персоналу, если есть}) + (\text{влияние дня выплаты з/п преподавателям, если есть}) + (\text{влияние дня перед праздником, если есть}) + (\text{влияние дня после праздника, если есть}).$$

С помощью этой модели можно составить прогноз для ежедневного числа клиентов путем копирования из K4 в K5:K257 следующей формулы:

$$=\$O\$26+\text{ВПР}(B4; \$N\$14:\$O\$25; 2) + \text{ВПР}(D4; \$N\$4:\$O\$8; 2) + G4 * \$O\$9 + H4 * \$O\$10 + I4 * \$O\$11 + J4 * \$O\$12$$

В ячейке O26 вычисляется постоянный член. Функция ВПР(B4; \$N\$14:\$O\$25; 2) возвращает коэффициент влияния для текущего месяца, а функция ВПР(D4; \$N\$4:\$O\$8; 2) — коэффициент влияния дня недели для текущей недели. Часть формулы G4\*\$O\$9+H4\*\$O\$10+I4\*\$O\$11+J4\*\$O\$12 вычисляет влияние, если текущий день отмечен как SP, FAC, BH или AH.

Скопируйте формулу =(E4-K4)^2 из L4 в L5:L257 для вычисления квадратичной ошибки для каждого дня. Затем в ячейке L2 вычислите сумму квадратичных ошибок по формуле =СУММ(L4:L257).

В ячейке R4 вычисляется среднее значение для изменяемых ячеек дня недели по формуле =СРЗНАЧ(O4:O8), а в ячейке R5 — среднее значение для изменяемых ячеек

	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1			Квадрат	0,771186		станд.отклон	163,177					
2					Сумма кв.	6736582,057						
3	SP	FAC	BH	AH	Прогноз	Квадр.ошибка	Ошибка	День недели			среднее	
4	1	1	0	1	1766,78	3389,559758	58,2199	1	103,36		день недели	0
5	0	0	0	0	709,6035	299642,9682	547,397	2	-139,19		месяц	-3,9E-09
6	0	0	0	0	745,698	49863,78225	223,302	3	-150,34			
7	1	0	0	0	1557,221	13174,18409	114,779	4	-114,25			
8	0	0	0	0	963,303	18143,29425	134,697	5	300,42			
9	0	0	0	0	720,7533	885,2568329	-29,753	SP	396,85			
10	0	0	0	0	709,6035	1414,020463	-37,603	FAC	394,89			
11	0	0	0	0	745,698	68,92316837	8,302	BH	205,29			
12	0	0	0	0	1160,37	35483,18881	-188,37	AH	254,28			
13	0	0	0	0	963,303	21698,16021	-147,3	Месяц				
14	0	0	0	0	720,7533	14,08700506	-3,7533	1	-110,69			
15	0	0	0	0	709,6035	338,4325573	18,3965	2	-75,715			
16	0	0	0	0	745,698	1203,951353	-34,698	3	-40,341			
17	1	0	0	0	1557,221	149,3565407	-12,221	4	0,0284			
18	0	0	0	0	963,303	8154,623471	-90,303	5	87,816			
19	0	0	0	0	720,7533	60,11313242	-7,7533	6	133,34			
20	0	0	0	0	709,6035	6989,5391	-83,603	7	115,8			
21	0	0	0	0	745,698	8592,919602	-92,698	8	28,774			
22	0	0	0	0	1160,37	6459,307848	-80,37	9	-87,563			

Рис. 65.2. Изменяемые ячейки и прогнозы по клиентам

месяца по формуле  $=\text{СРЗНАЧ}(014:025)$ . Позже можно установить ограничения: равенство нулю среднего влияния дня месяца и дня недели, гарантирующие, что для месяца или дня недели с положительным влиянием число клиентов больше, чем среднее число клиентов, а для месяца или дня недели с отрицательным влиянием число клиентов меньше среднего.

Для выбора параметров прогнозирования, минимизирующих сумму квадратов ошибок, укажите для инструмента **Поиск решения** (Solver) параметры, показанные на рис. 65.3.

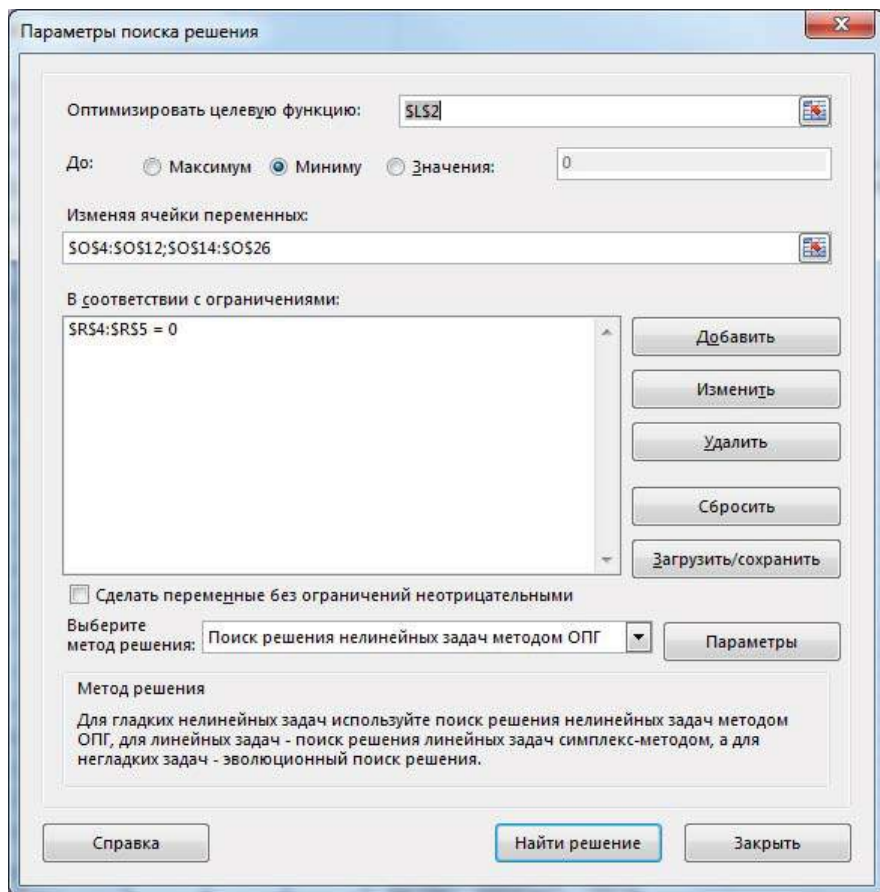


Рис. 65.3. Диалоговое окно **Параметры поиска решения** для определения параметров прогнозирования

В модели поиска решения коэффициенты для месяца, дня недели, ВН, АН, SP, FAC и константа изменяются в целях минимизации суммы квадратов ошибок. Можно также наложить ограничение (равенство нулю) на средние значения влияния дня недели и дня месяца. Воспользуйтесь инструментом **Поиск решения** (Solver) для получения результатов, показанных на рис. 65.2. Например, самым загруженным днем недели является пятница, а самым загруженным месяцем — июнь. День зар-

платы персонала увеличивает прогнозируемое значение (при прочих равных условиях, на латыни — *ceteris paribus*) на 397 клиентов.

### Как оценить точность прогноза?

Для оценки точности прогноза вычислите в ячейке  $L1$  значение  $R^2$  между прогнозируемым и фактическим числом клиентов по формуле  $=\text{КВПИРСОН}(E4:E257;K4:K257)$ . Функция  $\text{КВПИРСОН}$  ( $RSQ$ ) вычисляет процент фактического изменения числа клиентов, который объясняется моделью прогнозирования. Здесь независимые переменные объясняют 77% ежедневных изменений числа клиентов.

Вычислите ошибку для каждого дня в столбце  $M$  путем копирования формулы  $=E4-K4$  из  $M4$  в  $M5:M257$ . Достаточно хорошее приближение к стандартной погрешности прогноза дает стандартное отклонение ошибок. Это значение вычисляется в ячейке  $M1$  по формуле  $=\text{СТАНДОТКЛОН}(M4:M257)$ . Таким образом, приблизительно 68% прогнозов верны с точностью до 163 клиентов, 95% прогнозов — с точностью до 326 клиентов и т. д.

Попробуйте найти какие-либо выбросы. Напомним, что наблюдение является выбросом, если абсолютное значение ошибки прогноза в два раза превышает стандартную ошибку регрессии. Выделите диапазон  $M4:M257$  и затем на вкладке **ГЛАВНАЯ** (**HOME**) в списке **Условное форматирование** (**Conditional Formatting**) выберите **Создать правило** (**New Rule**). В диалоговом окне **Создание правила форматирования** (**New Formatting Rule**) щелкните на типе **Использовать формулу для определения форматлируемых ячеек** (**Use a formula to determine which cells to format**). Заполните описание правила, как показано на рис. 65.4. (Дополнительную информацию об условном форматировании см. в главе 23.)

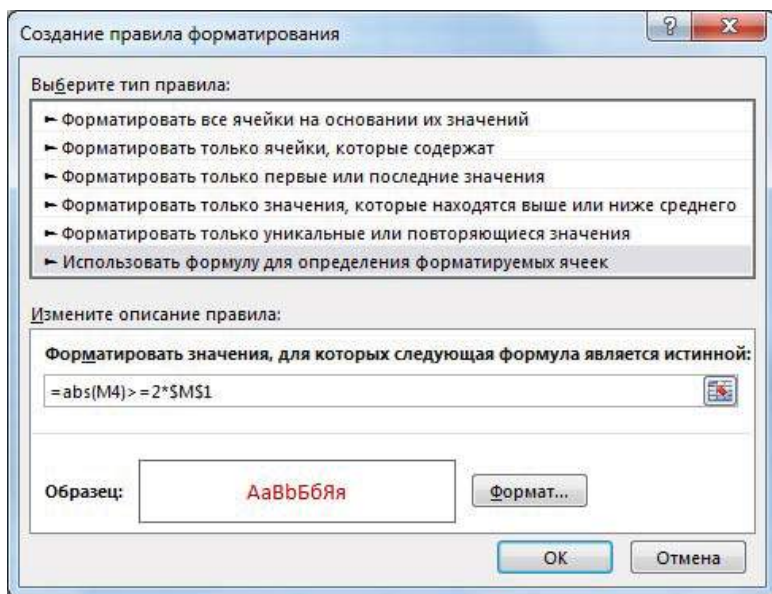


Рис. 65.4. Условное форматирование для обнаружения выбросов в прогнозе



После выбора формата со шрифтом красного цвета любая ошибка, абсолютное значение которой в два раза превышает стандартное отклонение ошибок, будет отображена красным цветом. Как видно из рисунка, модель часто занижает число клиентов для первых трех дней месяца. Также на второй неделе марта (весенние каникулы) модель завышает прогнозы, и за день до весенних каникул прогноз значительно занижен.

Для решения этой проблемы на листе 1st Three Days были добавлены изменяемые ячейки для каждого из первых трех дней месяца, для весенних каникул и для дня перед весенними каникулами. В ячейки O26:O30 для этих новых эффектов добавлены пробные значения. Эффект от первых трех дней месяца включен в расчет путем копирования из ячейки K4 в K5:K257 следующей формулы:

$\$O\$25+ВПР (B4; \$N\$13: \$O\$24; 2) +ВПР (D4; \$N\$4: \$O\$8; 2) +G4* \$O\$9+H4* \$O\$10+I4* \$O\$11+J4* \$O\$12+ЕСЛИ (C4=1; \$O\$26; ЕСЛИ (C4=2; \$O\$27; ЕСЛИ (C4=3; \$O\$28; 0) ) )$

(Эффект от первых трех дней месяца вычисляет часть ЕСЛИ (C4=1; \$O\$26; ЕСЛИ (C4=2; \$O\$27; ЕСЛИ (C4=3; \$O\$28; 0) ) ) .) В ячейки K52:K57 вручную введены коэффициенты для весенних каникул. Например, в ячейку K52 в формулу добавлено +0,29, а в ячейки K53:K57 добавлено +0,30.

После включения в диалоговом окне **Параметры поиска решения** (Solver dialog) новых изменяемых ячеек появятся результаты, представленные на рис. 65.5. Обратите внимание, что для первых трех дней месяца число клиентов значительно увеличилось (вероятно, благодаря поддержке правительства и проверкам органов социального обеспечения), а в весенние каникулы число клиентов снизилось. Кроме

	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	Квадрат	0,8715		станд.отклон.	122,285					
2			сумма квадр.ошиб	3783269,109						
3	ВН	АН	Прогноз	Квадр.ошибка	Ошибка	День недели			среднее	
4	0	1	1879,630964	2984,542278	-54,631	1	107,706		день недели	0
5	0	0	995,4000454	68434,53622	261,6	2	-138,93		месяц	2,49E-14
6	0	0	722,9340823	60548,43586	246,066	3	-153,32			
7	0	0	1554,44935	13818,15532	117,551	4	-115,08			
8	0	0	945,7235082	23188,12995	152,276	5	299,624			
9	0	0	699,0859483	65,38255971	-8,08595	SP	416,808			
10	0	0	684,7014186	161,3260355	-12,7014	FAC	96,6442			
11	0	0	722,9340823	965,091244	31,0659	ВН	196,457			
12	0	0	1137,641016	27436,94603	-165,641	АН	299,116			
13	0	0	945,7235082	16828,18858	-129,724		1	-105,51		
14	0	0	699,0859483	320,9132488	17,9141		2	-81,763		
15	0	0	684,7014186	1874,767148	43,2986		3	-27,856		
16	0	0	722,9340823	142,4223198	-11,9341		4	-7,2892		
17	0	0	1554,44935	89,29021508	-9,44935		5	83,8453		
18	0	0	945,7235082	5288,708647	-72,7235		6	130,672		
19	0	0	699,0859483	193,6008351	13,9141		7	106,616		
20	0	0	684,7014186	3445,85655	-58,7014		8	13,2601		
21	0	0	722,9340823	4890,775864	-69,9341		9	-64,687		
22	0	0	1137,641016	3322,486671	-57,641		10	-68,305		
23	0	0	945,7235082	87452,39331	-295,724		11	-33,753		

Рис. 65.5. Параметры прогнозирования и прогнозы, включающие весенние каникулы и первые три дня месяца

того, как видно из рис. 65.5, точность прогнозирования также увеличилась. Значение  $R^2$  повысилось до 87%, а стандартная ошибка уменьшилась до 122 клиентов.

Ошибки прогноза для недели с 24 по 31 декабря показывают (рис. 65.6), что модель значительно завышает прогноз числа клиентов для дней на этой неделе. Она также занижает прогнозируемое число клиентов для недели перед Рождеством. Дальнейшее изучение ошибок прогноза (часто называемых *остатками*) также позволяет обнаружить следующее.

- ◆ День благодарения отличается от обычных праздников тем, что в день после Дня благодарения кредитный союз загружен работой намного меньше, чем ожидалось.
- ◆ Накануне Страстной пятницы сотрудники действительно загружены работой, поскольку многие покидают город на Пасху.
- ◆ День налогов (16 апреля) также является более напряженным днем, чем ожидалось.
- ◆ Неделя перед началом осенних занятий в Университете Индианы (последняя неделя августа) не загружена, вероятно, потому, что многие сотрудники и преподаватели берут летом отпуск перед тем, как на них обрушится осенний семестр.

▲	В	С	Д	К	Л	М
3	Месяц	День месяца	День недели	Прогноз	Квадр.ошиб	Ошибка
253	12	24	1	1302,46	130655,509	-361,463
254	12	26	3	1144,1	21054,0617	-145,1
255	12	27	4	883,217	69810,5921	-264,217
256	12	28	5	1297,92	130266,043	-360,924
257	12	31	1	1302,46	24480,6741	-156,463

Рис. 65.6. Ошибки для рождественской недели

Для включения этих факторов на лист `Christmas week` добавлены изменяемые ячейки. После добавления новых параметров в качестве изменяемых ячеек необходимо снова запустить **Поиск решения**. Результаты представлены на рис. 65.7. Значение  $R^2$  повысилось до 92%, а стандартная ошибка снизилась до 98,61 клиента! Обратите внимание, что из-за влияния недели после Рождества ежедневное число клиентов снизилось на 359, в день перед Днем благодарения добавилось 607 клиентов, в день после Дня благодарения число клиентов уменьшилось на 161 человек и т. д.

Обратите также внимание, насколько усовершенствовалась модель прогнозирования при использовании выбросов. Если выбросы имеют нечто общее (как, например, первые три дня месяца), включите в качестве независимой переменной обобщающий фактор, и ошибка прогноза снизится.

### Как проверить, не случайны ли ошибки прогноза?

Хороший метод прогнозирования должен создавать случайные ошибки прогноза или остатки. Под случайными ошибками подразумеваются ошибки, которые не проявляют заметного характера. Если ошибки прогноза случайны, знак ошибок

	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	Кквдр	0,91643		станд.отклонен	98,6147		отсечка	110,5626225		
2			Сумма квадр.ош	2460389,928			факт	125		
3	ВН	АН	Прогноз	Квадр.ошибка	Ошибка	День недели		знак меняется	среднее	
4	0	1	1981,089679	24363,98781	-156,09		1	108,117	день недели	-9E-14
5	0	0	976,0819239	78914,96548	280,918		2	-154,58	1	1E-06
6	0	0	717,6763098	63163,59728	251,324		3	-164,78	0	
7	0	0	1539,417995	17577,98801	132,582		4	-121,08	0	
8	0	0	946,8734931	22839,22108	151,127		5	332,32	0	
9	0	0	684,1765456	46,55952932	6,82345	SP		368,341	0	
10	0	0	673,9813272	3,925657514	-1,98133	FAC		97,1203	1	
11	0	0	717,6763098	1319,410473	36,3237	ВН		272,64	1	
12	0	0	1171,076933	39631,62519	-199,077	АН		477,852	1	
13	0	0	946,8734931	17127,8712	-130,873		1	-111,15	0	
14	0	0	684,1765456	1077,379156	32,8235		2	-82,126	1	
15	0	0	673,9813272	2918,01701	54,0187		3	-26,374	0	
16	0	0	717,6763098	44,57311188	-6,67631		4	-34,814	1	
17	0	0	1539,417995	31,1587783	5,582		5	71,042	1	
18	0	0	946,8734931	5457,292987	-73,8735		6	127,403	1	
19	0	0	684,1765456	830,7915209	28,8235		7	93,9867	1	
20	0	0	673,9813272	2302,207761	-47,9813		8	60,872	1	
21	0	0	717,6763098	4183,025043	-64,6763		9	-75,349	0	
22	0	0	1171,076933	8295,007695	-91,0769		10	-67,916	0	
23	0	0	946,8734931	88133,87092	-296,873		11	-35,91	0	
24	0	0	684,1765456	1614,15482	-40,1765		12	80,332	0	
25	0	0	673,9813272	16645,81793	129,019	константа		949,904	1	
26	0	0	1387,863797	11207,14342	-105,864	день 1		544,046	1	
27	0	0	1922,038652	14631,64768	120,961	день 2		353,6	1	
28	0	0	975,8945232	28935,87323	170,105	день 3		302,101	0	
29	0	0	713,1975757	718,3699471	26,8024	день перед вес. кани	183,242		0	
30	0	0	703,0023573	25,02357844	-5,00236	весенние каникулы	-55,21		1	
31	0	0	746,6973398	2672,614945	-51,6973	рождеств. неделя	-359,02		0	
32	0	0	1200,097963	1689,042556	-41,098	неделя перед рожде	182,937		0	
33	0	0	975,8945232	9004,970535	-94,8945	перед днем благода	606,807		0	
34	0	0	713,1975757	3003,305707	54,8024	после дня благодар.	-161,24		1	
35	0	0	703,0023573	2401,23102	-49,0024	страстная пятница	319,925		1	
36	0	0	746,6973398	12388,28216	111,303	летний отпуск	-165,12		1	
37	0	0	1568,439025	6171,826759	78,561	день налогов	243,747		0	
38	0	0	975,8945232	41166,18755	-202,895				1	

Рис. 65.7. Окончательные параметры прогноза

должен меняться (с плюса на минус или с минуса на плюс) примерно в половине случаев. Таким образом, широко применяемым тестом для оценки случайности ошибок прогноза является проверка перемены знака ошибок. Для  $n$  наблюдений неслучайность ошибок имеет место, если перемен знака меньше, чем

$$\frac{n-1}{2} - \sqrt{n},$$

или больше, чем

$$\frac{n-1}{2} + \sqrt{n}.$$

На листе Christmas week (см. рис. 65.7) число перемен знака в остатках было определено путем копирования формулы =ЕСЛИ(М5\*М4<0;1;0) из ячейки P5 в P6:P257. Перемена знака в остатках происходит тогда и только тогда, когда произведение двух следующих друг за другом остатков отрицательно. Следовательно, эта формула дает в результате 1 при каждой перемене знака остатков. Всего было 125 перемен знака.

В ячейке P1 было вычислено значение перемен знака как отсечка для неслучайных остатков:

$$\frac{254-1}{2} - \sqrt{254} = 110,6.$$

Таким образом, здесь остатки носят случайный характер.

Подобный анализ был проведен для прогнозирования ежедневного числа клиентов, ужинающих в крупной ресторанной сети. Особые факторы соответствовали праздникам. Исследование показало, что "Супер-воскресенье" (день Суперкубка НФЛ) был наименее напряженным днем, а самыми напряженными днями был День святого Валентина и День матери. Также самым напряженным днем недели для ужинов стала суббота, а для ланча — пятница.

## Задания

---

1. Как с помощью метода, описанного в данной главе, предсказать ежедневные объемы продаж ручек на сайте Staples.com?
2. Как при наличии данных за несколько лет включить в анализ тренд?



# Введение в случайные величины

### Обсуждаемые вопросы

- ◆ Что такое случайная величина?
- ◆ Что такое дискретная случайная величина?
- ◆ Что такое среднее, дисперсия и стандартное отклонение случайной величины?
- ◆ Что такое непрерывная случайная величина?
- ◆ Что такое функция плотности вероятности?
- ◆ Что такое независимые случайные величины?

В современном мире определено известно только то, что мы сталкиваемся с большой неопределенностью. В следующих девяти главах рассматривается несколько мощных методов включения неопределенности в бизнес-модели. Ключом к моделированию неопределенности является представление о том, для чего необходимы случайные величины.

### Ответы на вопросы

---

В этом разделе приведены ответы на вопросы, перечисленные в начале главы.

#### Что такое случайная величина?

Любая ситуация, исход которой не определен, называется *экспериментом*. Значение случайной величины основывается на (неопределенном) результате эксперимента. Например, бросок пары костей является экспериментом, и случайная величина может быть определена как сумма очков, выпавших на каждой кости. В этом примере случайная величина могла бы принять значения 2, 3 и т. д. до 12. В качестве другого примера рассмотрим эксперимент с продажей новой игровой приставки, для которой случайная величина может быть определена как доля рынка нового продукта.

#### Что такое дискретная случайная величина?

Случайная величина дискретна, если она может принимать конечное число возможных значений. Вот несколько примеров дискретных случайных величин:

- ◆ число потенциальных конкурентов продукта;
- ◆ число тузов, выпавших в пятикарточном покере;

- ◆ количество дорожно-транспортных происшествий (надеюсь, 0!) в год;
- ◆ число точек на игральной кости;
- ◆ число штрафных бросков из 12, выполняемых Стивом Нэшем (Steve Nash), звездой баскетбольной команды Phoenix Sun, за игру.

### Что такое среднее, дисперсия и стандартное отклонение случайной величины?

В главе 42 обсуждалось среднее, дисперсия и стандартное отклонение для множества данных. В сущности, среднее случайной величины (часто обозначаемое как  $\mu$ ) — это среднее значение, которое можно было бы ожидать, если бы эксперимент выполнялся много раз. Среднее случайной величины часто называют ожидаемым значением случайной величины. Дисперсия случайной величины (часто обозначаемая как  $\sigma^2$ ) — это среднее значение квадрата отклонения от среднего случайной величины, которое можно было бы ожидать, если бы эксперимент выполнялся много раз. Стандартное отклонение случайной величины (часто обозначаемое как  $\sigma$ ) — это просто корень квадратный из ее дисперсии. Как и для множеств данных, среднее случайной величины является суммарным показателем для типичного значения случайной величины, а дисперсия и стандартное отклонение оценивают разброс случайной величины вокруг ее среднего.

В качестве примера вычисления среднего, дисперсии и стандартного отклонения случайной величины рассмотрим доходы на фондовой бирже, которые в следующем году, предположительно, будут регулироваться вероятностями, представленными в табл. 66.1.

Таблица 66.1

Вероятность	Доход на фондовой бирже
0,40	+20%
0,30	0%
0,30	-20%

Выполненные вручную расчеты показывают следующее:

$$\mu = 0,40 \times (0,20) + 0,30 \times (0,00) + 0,30 \times (-0,20) = 0,02 \text{ или } 2\%;$$

$$\sigma^2 = 0,4 \times (0,20 - 0,02) \times 2 + 0,30 \times (0,0 - 0,02) \times 2 + 0,30 \times (-0,20 - 0,02) \times 2 = 0,0276.$$

Тогда  $\sigma = 0,166$  или 16,6%.

Эти расчеты проверены в файле Meanvariance.xlsx (рис. 66.1).

Среднее для дохода на фондовой бирже вычислено в ячейке C9 по формуле =СУММПРОИЗВ (B4:B6;C4:C6). В этой формуле каждое значение случайной величины умножается на его вероятность, и затем произведения суммируются.

Для вычисления дисперсии дохода был определен квадрат отклонения каждого значения от случайной величины по ее среднему путем копирования формулы

$= (B4 - \$C\$9)^2$  из D4 в D5:D6. Затем в ячейке C10 была вычислена дисперсия дохода как среднее квадратов отклонений от среднего по формуле  $=\text{СУММПРОИЗВ}(C4:C6; D4:D6)$ . Наконец, в ячейке C11 было вычислено стандартное отклонение дохода на фондовой бирже по формуле  $=\text{КОРЕНЬ}(C10)$ .

	B	C	D
3	<b>Значение</b>	<b>Вероятность</b>	<b>Квадрат отклонения</b>
4	0,2	0,4	0,0324
5	0	0,3	0,0004
6	-0,2	0,3	0,0484
7			
8			
9	<b>Среднее</b>	0,02	
10	<b>Дисперсия</b>	0,0276	
11	<b>Стандартное отклонение</b>	0,166132477	

Рис. 66.1. Вычисление среднего, стандартного отклонения и дисперсии случайной величины

### Что такое непрерывная случайная величина?

Непрерывная случайная величина — это случайная величина, которая может принимать очень большое число значений или фактически бесконечное число значений. Вот несколько примеров непрерывных случайных величин:

- ◆ цена акции Microsoft через год, начиная с этого момента;
- ◆ доля рынка для нового продукта;
- ◆ объем рынка для нового продукта;
- ◆ стоимость разработки нового продукта;
- ◆ вес новорожденного;
- ◆ чей-либо IQ;
- ◆ процент трехочковых бросков Дирка Новицки (Dirk Nowitzki) в следующем сезоне.

### Что такое функция плотности вероятности?

Дискретная случайная величина может быть задана набором значений и вероятностью появления каждого значения случайной величины. Поскольку непрерывная случайная величина может принимать бесконечное число значений, вероятность появления каждого значения непрерывной случайной величины перечислить невозможно. Непрерывная случайная величина полностью описывается своей функцией плотности вероятности. Например, функция плотности вероятности для IQ случайно выбранного человека показана на рис. 66.2.

Функция плотности вероятности обладает несколькими свойствами.

- ◆ Значение функции плотности вероятности всегда больше или равно 0.
- ◆ Площадь под функцией плотности вероятности равна 1.
- ◆ Высота функции плотности для значения  $x$  случайной величины пропорциональна вероятности того, что случайная величина примет значение в окрест-



ностях  $x$ . Например, высота функции плотности для  $IQ = 83$  составляет около половины высоты функции плотности для  $IQ = 100$ . Это говорит о том, что вероятность для  $IQ$  ниже 83 приблизительно в два раза меньше, чем вероятность для  $IQ$  около 100. Кроме того, поскольку пик плотности приходится на значение 100, значение  $IQ$ , приблизительно равное 100, наиболее вероятно.

- ◆ Вероятность того, что непрерывная случайная величина принимает диапазон значений, равна соответствующей площади под функцией плотности. Например, доля людей с  $IQ$  от 80 до 100 просто равна площади под функцией плотности от 80 до 100.
- ◆ Следует отметить, что дискретная случайная величина, принимающая множество значений, часто моделируется как непрерывная случайная величина (см. главу 69). Например, несмотря на то, что количество пакетов молока, продаваемых в течение одного дня в небольшом продуктовом магазине, дискретно, гораздо удобнее моделировать эту дискретную случайную величину как непрерывную.

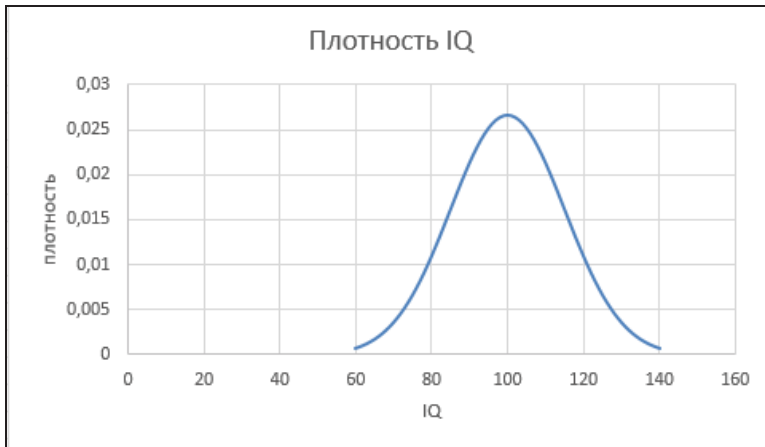


Рис. 66.2. Функция плотности вероятности для  $IQ$

### Что такое независимые случайные величины?

Множество случайных величин независимо, если знание значений любого его подмножества ничего не говорит о значениях других случайных величин. Например, число игр, выигранных за год футбольной командой Университета Индианы, не зависит от процентного дохода по акциям Microsoft за тот же год. Знание о том, что дела у Индианы идут хорошо, не изменит взгляд на то, как провела год компания Microsoft.

Однако доходы по акциям Microsoft и Intel не являются независимыми. Если говорить о высоком доходе по акциям Microsoft в каком-либо году, то, по всей вероятности, продажи компьютеров в этом году также были значительными, что, очевидно, свидетельствует и о неплохом годе для Intel.

## Задания

---

1. Определите, являются ли следующие случайные величины дискретными или непрерывными:
  - число игр, которые Seattle Seahawks выиграет в следующем сезоне;
  - число, которое выпадет после остановки колеса рулетки;
  - объем продаж планшета Microsoft Surface в следующем году;
  - период горения лампочки до того, как она перегорит.
2. Вычислите среднее, дисперсию и стандартное отклонение для числа очков при броске кубика.
3. Определите, являются ли следующие переменные независимыми:
  - ежедневная температура и продажи мороженого в магазине;
  - масть и достоинство карты, вытащенной из колоды игральных карт;
  - инфляция и доход на фондовой бирже;
  - изменившаяся цена модели автомобиля и количество проданных автомобилей.
4. Текущая цена акции компании составляет 20 долларов. Компания является объектом для поглощения. Если поглощение пройдет успешно, цена акции повысится до 30 долларов. Если поглощение не будет проведено, цена акции упадет до 12 долларов. Определите диапазон значений для вероятности успешного поглощения, благодаря которому целесообразно приобрести акции сегодня. Предположим, что цель заключается в получении максимальной ожидаемой прибыли. Подсказка: используйте инструмент **Подбор параметра** (Goal Seek), рассмотренный в *главе 17*.
5. При вращении колеса рулетки возможными исходами являются номера секторов 0, 00, 1, 2, ..., 36. Если ставить на какой-либо сектор, то можно выиграть 35 долларов, если выпадет этот сектор, или проиграть 1 доллар в противном случае. Каково среднее значение и стандартное отклонение выигрыша при однократном запуске рулетки?



# Биномиальные, гипергеометрические и отрицательные биномиальные случайные величины

### Обсуждаемые вопросы

- ◆ Что такое биномиальная случайная величина?
- ◆ Как с помощью функции `БИНОМ.РАСП` вычислить вероятности биномиального распределения?
- ◆ Если одинаковое количество людей предпочитает кока-колу пепси-коле и пепси-колу кока-коле, и у 100 человек спросили, предпочитают ли они кока-колу пепси-коле, какова вероятность того, что ровно 60 человек предпочитают кока-колу пепси-коле, и вероятность того, что от 40 до 60 человек предпочитают кока-колу пепси-коле?
- ◆ Из всех рельсовых направляющих для лифтов, производимых компанией, 3% считаются дефектными. Компания собирается отгрузить клиенту партию из 10 000 направляющих. Перед приемкой партии клиент случайным образом отбирает 100 направляющих и проверяет, имеет ли каждая из отобранных направляющих дефекты. Если дефекты обнаружатся не более чем у двух направляющих, клиент примет партию. Как определить вероятность приемки партии?
- ◆ Авиакомпаниям не нравятся рейсы с пустыми местами. Предположим, что в среднем 95% всех обладателей билетов регистрируются на рейс. Если авиакомпания продает 105 билетов на 100-местный рейс, какова вероятность того, что произойдет избыточное бронирование рейса?
- ◆ В гастрономический магазин *Village Deli* ежедневно приходит на ланч 1000 клиентов. В среднем 20% клиентов заказывают специальный вегетарианский сэндвич. Эти сэндвичи готовят заранее. Сколько сэндвичей необходимо приготовить, если вероятность остаться без них должна быть равна 5%?
- ◆ Что такое гипергеометрическая случайная величина?
- ◆ Что такое отрицательная биномиальная случайная величина?

## Ответы на вопросы

В этом разделе приведены ответы на вопросы, перечисленные в начале главы.

### Что такое биномиальная случайная величина?

*Биномиальная случайная величина* — это дискретная случайная величина, используемая для вычисления вероятностей при выполнении следующих трех условий:

- ◆ проводится  $n$  независимых испытаний;
- ◆ каждое испытание приводит к одному из двух результатов: благоприятный исход или неблагоприятный исход;
- ◆ в каждом испытании вероятность благоприятного исхода ( $p$ ) остается постоянной.

В такой ситуации для вычисления вероятностей, связанных с числом благоприятных исходов в заданном числе испытаний, может быть использована биномиальная случайная величина. Пусть  $x$  — случайная величина, обозначающая число благоприятных исходов в  $n$  независимых испытаниях, когда вероятность благоприятного исхода в каждом испытании равна  $p$ . Вот несколько примеров, в которых биномиальная случайная величина релевантна.

- ◆ **Кока-кола или пепси-кола.** Пусть одинаковое количество людей предпочитает кока-колу пепси-коле и пепси-колу кока-коле. У 100 человек спросили, предпочитают ли они кока-колу пепси-коле. Требуется узнать вероятность того, что ровно 60 человек предпочитают кока-колу пепси-коле, и вероятность того, что от 40 до 60 человек предпочитают кока-колу пепси-коле. В этой ситуации биномиальная случайная величина определяется следующим образом:

- испытание: опрос отдельных лиц;
- благоприятный исход: предпочтение отдано кока-коле;
- $p = 0,50$ ;
- $n = 100$ .

Пусть  $x$  — количество человек из выборки, предпочитающих кока-колу. Необходимо определить вероятность того, что  $x = 60$  и  $40 \leq x \leq 60$ .

- ◆ **Направляющие для лифтов.** Из всех рельсовых направляющих для лифтов, производимых компанией, 3% считаются дефектными. Компания собирается отгрузить клиенту партию из 10 000 направляющих. Перед приемкой партии клиент случайным образом отбирает 100 направляющих и проверяет, имеет ли каждая из отобранных направляющих дефекты. Если дефекты обнаружатся не более чем у двух направляющих, клиент примет партию. Необходимо определить вероятность того, что партия будет принята.

Биномиальная случайная величина определяется следующим образом:

- испытание: осмотр выбранной направляющей;
- благоприятный исход: направляющая имеет дефекты;

- $p = 0,03$ ;
- $n = 100$ .

Пусть  $x$  — число дефектных направляющих в выборке. Требуется найти вероятность того, что  $x \leq 2$ .

- ♦ **Избыточное бронирование в авиакомпании.** Авиакомпаниям не нравятся рейсы с пустыми местами. Предположим, что в среднем 95% всех обладателей билетов регистрируются на рейс. Если авиакомпания продает 105 билетов на 100-местный рейс, какова вероятность того, что произойдет избыточное бронирование рейса?

Биномиальная случайная величина определяется следующим образом:

- испытание: отдельные владельцы билетов;
- благоприятный исход: регистрация владельца билета;
- $p = 0,95$ ;
- $n = 105$ .

Пусть  $x$  — число зарегистрировавшихся на рейс владельцев билетов. Необходимо найти вероятность того, что  $x \geq 101$ .

### Как с помощью функции БИНОМ.РАСП вычислить вероятности биномиального распределения?

Microsoft Excel 2013 включает функцию БИНОМ.РАСП (BINOM.DIST), с помощью которой можно вычислить вероятности биномиального распределения. Если требуется вычислить вероятность не более  $x$  благоприятных исходов для биномиальной случайной величины при  $n$  испытаниях с вероятностью благоприятного исхода  $p$ , просто введите формулу =БИНОМ.РАСП( $x$ ;  $n$ ;  $p$ ; 1). Если требуется вычислить вероятность ровно  $x$  благоприятных исходов для биномиальной случайной величины при  $n$  испытаниях с вероятностью благоприятного исхода  $p$ , введите формулу =БИНОМ.РАСП( $x$ ;  $n$ ;  $p$ ; 0). Ввод значения 1 в качестве последнего аргумента функции БИНОМ.РАСП дает суммарную вероятность; ввод значения 0 дает в результате функцию вероятностной меры для любого частного значения. (Обратите внимание, что для последнего аргумента вместо 1 можно указать значение ИСТИНА, а вместо значения 0 — ЛОЖЬ.) В предыдущих версиях Excel функция БИНОМ.РАСП не распознается. В предыдущих версиях Excel можно применить функцию БИНОМРАСП (BINOMDIST) с точно таким же синтаксисом, как у функции БИНОМ.РАСП. Давайте вычислим с помощью функции БИНОМ.РАСП некоторые представляющие интерес вероятности. Данные и анализ см. в файле Binomialexamples.xlsx, показанном на рис. 67.1.

Если одинаковое количество людей предпочитает кока-колу пепси-коле и пепси-колу кока-коле, и у 100 человек спросили, предпочитают ли они кока-колу пепси-коле, какова вероятность того, что ровно 60 человек предпочитают кока-колу пепси-коле, и вероятность того, что от 40 до 60 человек предпочитают кока-колу пепси-коле?

Здесь  $n = 100$  и  $p = 0,5$ . Требуется найти вероятность того, что  $x = 60$ , и вероятность того, что  $40 \leq x \leq 60$ , где  $x$  — это количество человек, предпочитающих кока-колу пепси-коле. Сначала найдем вероятность того, что  $x = 60$ , по формуле =БИНОМ.РАСП(60;100;0,5;0). Результат — 0,011.

	В	С
2		
3	Кока-кола или пепси-кола	БИНОМ.РАСП
4	Вероятность того, что ровно 60 человек предпочитают кока-колу пепси-коле	0,010843867
5	Вероятность того, что от 40 до 60 человек предпочитают кока-колу пепси-коле	0,9647998
6		
7	Направляющие для лифтов	
8	Вероятность того, что не больше 2 из 100 рельсов дефектные	0,419775083
9	Избыточное бронирование в авиакомпании	
10	Вероятность избыточного бронирования на рейс, если продано 105 билетов	0,392433721

Рис. 67.1. Использование биномиальной случайной величины

При вычислении вероятности для  $40 \leq x \leq 60$  с помощью функции БИНОМ.РАСП обратите внимание, что эта вероятность равна вероятности для  $x \leq 60$  минус вероятность для  $x \leq 39$ . Таким образом, получить вероятность того, что от 40 до 60 человек предпочитают кока-колу, можно по формуле =БИНОМ.РАСП(60;100;0,5;1)-БИНОМ.РАСП(39;100;0,5;1). Результат — 0,9648. Итак, если кока-колу и пепси-колу предпочитают в равной степени, маловероятно, что в выборке из 100 человек кока-кола или пепси-кола будет иметь преимущество более 10%. Если выборка из 100 человек показывает 10%-ное преимущество кока-колы или пепси-колы, то возникают сомнения в том, что кока-колу и пепси-колу предпочитают в равной степени.

**Из всех рельсовых направляющих для лифтов, производимых компанией, 3% считаются дефектными. Компания собирается отгрузить клиенту партию из 10 000 направляющих. Перед приемкой партии клиент случайным образом отбирает 100 направляющих и проверяет, имеет ли каждая из отобранных направляющих дефекты. Если дефекты обнаружатся не более чем у двух направляющих, клиент примет партию. Как определить вероятность приемки партии?**

Если  $x$  — число дефектных направляющих в партии, это биномиальная случайная величина с  $n = 100$  и  $p = 0,03$ . Необходимо найти вероятность того, что  $x \leq 2$ . Вве-

дите формулу =БИНОМ.РАСП(2;100;0,03;1) в ячейку с8. Результат — 0,42. Таким образом, партия будет принята в 42% случаев.

В действительности вероятность благоприятного исхода не равна именно 3% в каждом испытании. Например, если первые 10 направляющих имеют дефекты, вероятность того, что следующая направляющая тоже имеет дефекты, падает до 290/9990; если первые 10 направляющих не имеют дефектов, вероятность того, что следующая направляющая дефектная — 300/9990. Следовательно, вероятность благоприятного исхода в одиннадцатом испытании зависит от вероятности благоприятного исхода в одном из первых 10 испытаний. Несмотря на это биномиальная случайная величина может быть использована в качестве приближения, если выборка сделана, и объем выборки составляет менее 10% от генеральной совокупности. Здесь генеральная совокупность — 10 000 и объем выборки — 100. Точные вероятности, связанные с выборкой из конечной совокупности, могут быть вычислены с помощью гипергеометрической случайной величины, рассмотренной далее в этой главе.

**Авиакомпаниям не нравятся рейсы с пустыми местами. Предположим, что в среднем 95% всех обладателей билетов регистрируются на рейс. Если авиакомпания продает 105 билетов на 100-местный рейс, какова вероятность того, что произойдет избыточное бронирование рейса?**

Пусть  $x$  — число обладателей билетов, зарегистрировавшихся на рейс. Здесь  $n = 105$  и  $p = 0,95$ . Требуется найти вероятность того, что  $x \geq 101$ . Обратите внимание, вероятность того, что  $x \geq 101$ , равна 1 минус вероятность того, что  $x \leq 100$ . Таким образом, для вычисления вероятности избыточного бронирования рейса введите в ячейку с10 формулу =1-БИНОМ.РАСП(100;105;0,95;1). Результат 0,392 означает, что вероятность избыточного бронирования равна 39,2%.

**В гастрономический магазин Village Deli ежедневно приходит на ланч 1000 клиентов. В среднем 20% клиентов заказывают специальный вегетарианский сэндвич. Эти сэндвичи готовят заранее. Сколько сэндвичей необходимо приготовить, если вероятность остаться без них должна быть равна 5%?**

В Microsoft Excel 2013 функция БИНОМ.ОБР (BINOM.INV) с синтаксисом БИНОМ.ОБР(число\_испытаний; вероятность\_успеха; альфа) определяет наименьшее число  $x$ , для которого вероятность не более  $x$  благоприятных исходов равна, по меньшей мере, альфа. В более ранних версиях Excel результаты, аналогичные результатам функции БИНОМ.ОБР, давала функция КРИТБИНОМ (CRITBINOM) с синтаксисом КРИТБИНОМ(число\_испытаний; вероятность\_успеха; альфа). В этом примере число испытаний равно 1000, вероятность успеха — 0,2 и альфа — 0,95. Как показано на рис. 67.2, если в кафетерии приготовят 221 сэндвич, вероятность того, что закажут не более 221 сэндвича, равна, по меньшей мере, 0,95. Вероятность того, что потребуется не больше 220 сэндвичей, составляет менее 0,95.



	E	F	G
4		Клиенты	1000
5		доля желающих вегетарианский сэндвич	0,2
6		вероятность удовлетворения спроса	0,95
7			
8	начиная с Excel 2010	221	=БИНОМ.ОБР
9	более ранние версии Excel	221	=КРИТБИНОМ

Рис. 67.2. Пример с функцией БИНОМ.ОБР

### Что такое гипергеометрическая случайная величина?

Гипергеометрическая случайная величина определяет, например, такую ситуацию:

- ◆ в урне находится  $N$  шаров;
- ◆ каждый шар относится к одному из двух типов (благоприятный или неблагоприятный исход);
- ◆ в урне  $s$  шаров типа благоприятный исход;
- ◆ из урны взята выборка объемом  $n$  шаров.

Рассмотрим пример в файле Hypergeom.dist.xlsx (рис. 67.3). В Microsoft Excel 2013 функция ГИПЕРГЕОМ.РАСП (HYPERGEOM.DIST) в формуле =ГИПЕРГЕОМ.РАСП( $x;n;s;N;0$ ) вычисляет вероятность  $x$  благоприятных исходов, если выбрано  $n$  шаров из урны, содержащей  $N$  шаров, из которых  $s$  помечены как благоприятный исход. В Microsoft Excel 2013 по формуле =ГИПЕРГЕОМ.РАСП( $x;n;s;N;1$ ) вычисляется вероятность не более  $x$  благоприятных исходов, если взято  $n$  шаров из урны, содержащей  $N$  шаров, из

	C	D	E	F	G
3	Объем ген.совокупности	500			
4	Объем выборки	10			
5	Женщины в ген.совокупн	40		Биномиальная аппроксимация	
6				0,434388454	
7	Количество женщин	Вероятность			
8	0	0,430956908			
9	1	0,382223421		<=2 женщин в выборке	
10	2	0,148407545		0,961587874	
11	3	0,033197861			
12	4	0,004734717			
13	5	0,000449538			
14	6	2,87533E-05			
15	7	1,2224E-06			
16	8	3,30288E-08			
17	9	5,11702E-10			
18	10	3,44843E-12			

Рис. 67.3. Гипергеометрическая случайная величина

которых  $s$  помечены как благоприятный исход. (Как и в случае с функцией БИНОМ.РАСП, вместо значения 1 можно указать ИСТИНА, а вместо 0 — ЛОЖЬ.)

Например, предположим, что 40 компаний из списка Fortune 500 возглавляют женщины. 500 главных исполнительных директоров являются аналогом шаров в урне ( $N = 500$ ), а 40 женщин представляют  $s$  благоприятных исходов в урне. Формула =ГИПЕРГЕОМ.РАСП(С8;объем\_выборки; женщины\_в\_ген.совокупности; объем\_ген.совокупности; 0), скопированная из D8 в D9:D18, дает вероятность того, что в выборке из 10 компаний из списка Fortune 500 женщины возглавляют 0, 1, 2, ..., 10 компаний. Здесь объем\_выборки = 10, женщины\_в\_ген.совокупности = 40 и объем\_ген.совокупности = 500.

Благоприятным исходом является обнаружение факта, что исполнительным директором является женщина. Для выборки из 10 компаний, например, вероятность отсутствия в выборке женщин-директоров равна 0,431. Кстати, эту вероятность можно приблизительно вычислить по формуле =БИНОМ.РАСП(0;10;0,08;0), получив в результате 0,434, что очень близко к истинному значению вероятности 0,431. В ячейке F10 по формуле =ГИПЕРГЕОМ.РАСП(2; объем\_выборки; женщины\_в\_ген.совокупности; объем\_ген.совокупности; ИСТИНА) вычислена вероятность того, что не более 2 человек в выборке из 10 человек являются женщинами. Таким образом, вероятность того, что директорами окажутся не более двух женщин, равна 96,2%. Безусловно, этот же результат можно получить, сложив значения в отмеченных цветом ячейках (D8:D10).

### Что такое отрицательная биномиальная случайная величина?

Отрицательная биномиальная случайная величина применима к тем же ситуациям, что и биномиальная случайная величина, но отрицательная биномиальная случайная величина дает вероятность  $f$  неблагоприятных исходов до  $s$ -го благоприятного исхода. Таким образом, с помощью функции ОТРБИНОМ.РАСП (NEGBINOM.DIST) по формуле =ОТРБИНОМ.РАСП( $f$ ;  $s$ ;  $p$ ; 0) вычисляется вероятность того, что будет достигнуто ровно  $f$  неблагоприятных исходов до  $s$ -го благоприятного исхода, если вероятность благоприятного исхода равна  $p$  для всех испытаний. А по формуле =ОТРБИНОМ.РАСП( $f$ ;  $s$ ;  $p$ ; 1) вычисляется вероятность того, что не более  $f$  неблагоприятных исходов будет достигнуто до  $s$ -го благоприятного исхода, если вероятность благоприятного исхода равна  $p$  для всех испытаний. Например, рассмотрим бейсбольную команду, выигрывающую 40% игр (см. файл Negbinom.dist.xlsx и рис. 67.4). Формула =ОТРБИНОМ.РАСП(D9;2;0,4;ЛОЖЬ), скопированная из E9 в E10:E34, дает вероятность для 0, 1, 2, ..., 25 неблагоприятных исходов перед вторым благоприятным. Обратите внимание, здесь благоприятный исход эквивалентен выигрышу. Например, с вероятностью 19,2% команда проиграет одну игру до того, как выиграт две игры. В ячейке G10 по формуле =ОТРБИНОМ.РАСП(3;2;0,4;ИСТИНА) вычислена вероятность того, что команда потерпит не более трех поражений до того, как выиграт две игры (0,663). Безусловно, тот же самый результат можно получить, просто сложив значения в отмеченных цветом ячейках (E9:E12).

	D	E	F	G	H	I
4	40% шансов на благоприятный исход					
5						
6						
7						
	Проигрыши перед					
8	2-ым выигрышем	Вероятность	Вероятность <=3 проигрышей			
9	0	0,16	перед 2-м выигрышем			
10	1	0,192	0,66304			
11	2	0,1728				
12	3	0,13824				
13	4	0,10368				
14	5	0,0746496				
15	6	0,05225472				
16	7	0,035831808				
17	8	0,02418647				
18	9	0,016124314				
19	10	0,010642047				
20	11	0,006965703				
21	12	0,004527707				
22	13	0,002925595				
23	14	0,00188074				
24	15	0,001203674				
25	16	0,000767342				
26	17	0,000487488				
27	18	0,000308742				
28	19	0,000194995				
29	20	0,000122847				
30	21	7,72181E-05				
31	22	4,84368E-05				
32	23	3,03256E-05				
33	24	1,89535E-05				
34	25	1,1827E-05				

Рис. 67.4. Отрицательная биномиальная случайная величина

## Задания

- Предположим, что в среднем 4% всех дисководов для компакт-дисков, получаемых компанией, имеют дефекты. Компания придерживается следующей политики: выбирает 50 дисководов из каждой поставки и принимает поставку, если ни один из выбранных дисководов не имеет дефектов. На основе этой информации определите следующее:
  - Какая часть поставок будет принята?
  - Какая часть поставок будет принята, если политика компании изменится следующим образом: поставка принимается при наличии в выборке только одного дисковода с дефектами?
  - Какова вероятность того, что выборка объемом 50 дисководов содержит, по меньшей мере, 10 дисководов с дефектами?

2. На основе данных об избыточном бронировании в авиакомпании:
  - определите, как изменяется вероятность избыточного бронирования при изменении количества проданных билетов от 100 до 115. Подсказка: с помощью таблицы данных с одним входом;
  - покажите, как изменяется вероятность избыточного бронирования при изменении количества проданных билетов от 100 до 115 и изменении вероятности регистрации владельцев билетов от 80 до 95%. Подсказка: с помощью таблицы данных с двумя входами.
3. Предположим, что каждый год заданный открытый фонд имеет 50%-ный шанс превзойти фондовый индекс Standard&Poor's 500 Stock Index (индекс S&P 500). Какова вероятность того, что в группе из 100 открытых фондов, по меньшей мере, 10 фондов превзойдут индекс S&P 500 в течение, как минимум, 8 лет из 10?
4. Профессиональный баскетболист Стив Нэш (Steve Nash) выполняет штрафные броски с вероятностью 90%.
  - Какова вероятность непопадания мяча в корзину более 15 раз при выполнении 100 штрафных бросков?
  - Насколько хорошо Стив Нэш пробивал бы штрафные броски, если бы он попадал в корзину меньше 90 раз из 100 с вероятностью только 5%? Подсказка: используйте инструмент **Подбор параметра** (Goal Seek).
5. При тестировании на экстрасенсорное восприятие участников просят определить форму на карте из 25-карточной колоды. Колода включает по 5 карт для каждой из пяти форм. Какое можно сделать заключение, если участник правильно определил форму на 12 картах?
6. Предположим, что в группе из 100 человек 20 заболели гриппом, а 80 — нет. Если выбрать 30 человек случайным образом, какова вероятность того, что среди них окажется, по меньшей мере, 10 человек, заболевших гриппом?
7. Учащийся продает журналы в поддержку школьного благотворительного фонда. Существует 20%-ная вероятность покупки журнала в данном доме. Необходимо продать пять журналов. Определите вероятность необходимости посещения 5, 6, 7, ..., 100 домов для продажи пяти журналов.
8. Проверьте с помощью функции `БИНОМ.РАСП` правильность ответа с использованием функции `БИНОМ.ОБР` для примера с гастрономическим магазином Village Deli.
9. В XVII веке французские математики Пьер Ферма́ и Блез Паскаль после попытки решить задачу об очках смогли сформулировать положения современной теории вероятностей. Поясним на простом примере: пусть Паскаль и Ферма по очереди бросают монету. Ферма выигрывает очко, если выпадает орел, а Паскаль выигрывает, если выпадает решка. Если Паскаль впереди со счетом 8:7 и игрок, первым набравший 10 очков, выигрывает, каковы шансы Паскаля на выигрыш?



# Пуассоновская и экспоненциальная случайные величины

### Обсуждаемые вопросы

- ◆ Что такое пуассоновская случайная величина?
- ◆ Как вычислить распределение пуассоновской случайной величины?
- ◆ Если количество клиентов, обращающихся в банк, описывается пуассоновской случайной величиной, какая случайная величина определяет время между обращениями?

### Ответы на вопросы

---

В этом разделе приведены ответы на вопросы, перечисленные в начале главы.

#### Что такое пуассоновская случайная величина?

*Пуассоновская случайная величина* — это дискретная случайная величина, применяемая для описания вероятностей в ситуациях, в которых события (такие как обращение клиентов в банк или размещение заказов на продукт) имеют малую вероятность возникновения в короткий промежуток времени. Точнее говоря, в короткий промежуток времени, обозначаемый как  $t$ , произойдет одно событие или ни одного события, и вероятность одного события, происходящего в короткий промежуток времени длиной  $t$  (для некоторого  $\lambda$ ) определяется  $\lambda t$ . Здесь  $\lambda$  — среднее число событий в единицу времени.

Ситуации, к которым применима пуассоновская случайная величина:

- ◆ количество единиц продукта, требуемое в течение месяца;
- ◆ количество смертей в год от удара лошадиным копытом в прусской армии;
- ◆ количество дорожно-транспортных происшествий в год;
- ◆ количество экземпляров "Эволюции души", заказанное сегодня на Amazon.com;
- ◆ количество исков о компенсации ущерба, поданных сотрудниками компании в этом месяце;
- ◆ количество дефектов в 100 ярдах струны. (Здесь 1 ярд струны играет роль времени.)

#### Как вычислить распределение пуассоновской случайной величины?

Для вычисления распределения пуассоновской случайной величины в Microsoft Excel 2013 можно воспользоваться функцией ПУАССОН.РАСП (POISSON.DIST). В более

ранних версиях Excel пуассоновское распределение можно было получить с помощью функции ПУАССОН (POISSON). Необходимо помнить, что в промежуток времени  $t$  среднее значение пуассоновской случайной величины равно  $t$ . Синтаксис функции ПУАССОН.РАСП:

- ◆ функция ПУАССОН.РАСП( $x$ ;лямбда;ИСТИНА\_или\_1) вычисляет вероятность того, что пуассоновская случайная величина со средним значением, равным лямбда, не больше  $x$ ;
- ◆ функция ПУАССОН.РАСП( $x$ ;лямбда;ЛОЖЬ\_или\_0) вычисляет вероятность того, что пуассоновская случайная величина со средним значением, равным лямбда, равна  $x$ .

Далее приведено несколько примеров вычисления пуассоновской случайной величины. Эти примеры можно найти в файле Poisson.xlsx (рис. 68.1).

	В	С
1	Звонков в час	30
2	Среднее	60
3		
4	Вероятность 60 звонков за два часа	0,05143
5	Вероятность <= 60 звонков за два часа	0,53426
6	Вероятность от 50 до 100 звонков (включительно) за два часа	0,91559

Рис. 68.1. Использование пуассоновской случайной величины

Предположим, что бизнес-консультант получает в среднем 30 звонков в час. Для двухчасового периода необходимо определить следующее:

- ◆ вероятность того, что за следующие два часа будет получено ровно 60 звонков;
- ◆ вероятность того, что количество звонков, полученных в следующие два часа, не превысит 60;
- ◆ вероятность того, что в следующие два часа будет получено от 50 до 100 звонков.

Среднее количество звонков за двухчасовой период равно 60. В ячейке С4 по формуле =ПУАССОН.РАСП(60;С2;ЛОЖЬ) вычислена вероятность (0,05) получения 60 звонков в следующие два часа. В ячейке С5 по формуле =ПУАССОН.РАСП(60;С2;ИСТИНА) найдена вероятность (0,534) получения не более 60 звонков за два часа. В ячейке С6 по формуле =ПУАССОН.РАСП(100;С2;ИСТИНА) - ПУАССОН.РАСП(49;С2;ИСТИНА) рассчитана вероятность (0,916) получения от 50 до 100 звонков за два часа.

#### ПРИМЕЧАНИЕ

В качестве аргумента любой функции Excel вместо значения 1 всегда можно указать значение ИСТИНА.

Если количество клиентов, обращающихся в банк, описывается пуассоновской случайной величиной, какая случайная величина определяет время между обращениями?

Время между обращениями может быть любым, поэтому время между обращениями представляет собой непрерывную случайную величину. Если среднее число обращений происходит за единицу времени, время между обращениями соответствует экспоненциальной случайной величине с плотностью распределения вероятностей  $f(t) = \lambda^{-t}$ . Эта случайная переменная имеет среднее значение, равное  $1/\lambda$ . График плотности распределения для  $\lambda = 30$  показан на рис. 68.2. Эта диаграмма и данные для примера находятся на листе *Density* в файле *Exponentialdist.xlsx*.

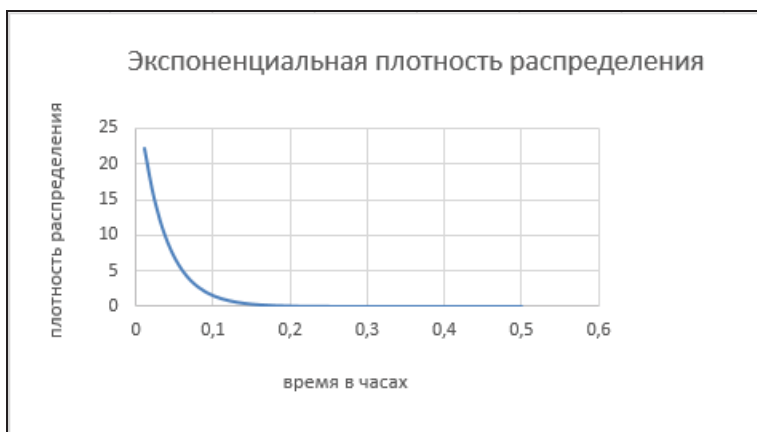


Рис. 68.2. Экспоненциальная плотность распределения вероятностей

В главе 66 говорилось о том, что для непрерывной случайной величины значение функции плотности распределения вероятностей в точке  $x$  отражает вероятность, с которой случайная величина примет значение в окрестностях точки  $x$ . Как видно из рис. 68.2, чрезвычайно короткое время между обращениями в банк (например, меньше 0,05 ч) весьма вероятно, а для более длительных промежутков времени значение функции резко падает.

Даже если среднее время между обращениями составляет  $1/30 = 0,033$  ч, существует вероятность, что время между обращениями составит не более 0,20 ч. В Microsoft Excel 2013 функция ЭКСП.РАСП (EXPON.DIST) в формуле =ЭКСП.РАСП(х;1/среднее;ИСТИНА\_или\_1) дает вероятность того, что экспоненциальная случайная величина с заданным средним примет значение не больше  $x$ . Таким образом, второй аргумент функции ЭКСП.РАСП — это интенсивность возникновения событий. Например, для вычисления вероятности, с которой время между обращениями составит, по меньшей мере, 5, 10 или 15 мин, можно скопировать формулу =1-ЭКСП.РАСП(С5; \$D\$2; ИСТИНА\_или\_1) из ячейки D5 в D6:D7. В более ранних версиях Excel такой же результат, как функция ЭКСП.РАСП, дает функция ЭКСПРАСП (EXPONDIST).

Обратите внимание, что минуты были сначала преобразованы в часы (5 минут =  $1/12$  часа и т. д.). Кроме того, среднее время между обращениями составляет 0,033 ч, поэтому в формулу было введено значение  $1/\text{среднее} = 1/0,033 = 30$ , т. е. было введено количество обращений в единицу времени (рис. 68.3).



	В	С	Д	Е
1		среднее	0,033333333	
2		1/среднее		30
3				
4		x = время между обращениями	Вероятность, что время $\geq x$	
5	5 минут	0,083333333	0,082084999	
6	10 минут	0,166666667	0,006737947	
7	15 минут	0,25	0,000553084	

Рис. 68.3. Вычисление экспоненциального распределения

## Задания

- В пабе "У Ника" в Блумингтоне, штат Индиана, любители пива заказывают в среднем 40 кувшинов пива в час.
  - Какова вероятность заказа не менее 100 кувшинов за два часа?
  - Какова вероятность того, что время между заказами составит не более 30 секунд?
- Предположим, что подростки-водители попадают в среднем в 0,3 ДТП в год.
  - Какова вероятность, что подросток попадет не более чем в одно ДТП в течение года?
  - Какова вероятность того, что время между ДТП составит не более шести месяцев?
- Я следующий в очереди в ресторане быстрого обслуживания, в котором клиенты ждут в общей очереди, и время обслуживания клиента соответствует экспоненциальному распределению со средним значением 3 минуты. Какова вероятность ожидания обслуживания не менее 5 минут?
- С 1900 г. доля игр "без хитов" среди всех игр Высшей бейсбольной лиги составила 0,00124. Команда играет 162 игры за сезон. Какова вероятность того, что команда сыграет не менее двух игр "без хитов" за сезон?

# Нормальная случайная величина

### Обсуждаемые вопросы

- ◆ Каковы свойства нормальной случайной величины?
- ◆ Как в Excel найти распределение нормальной случайной величины?
- ◆ Как в Excel найти процентиля для нормальных случайных величин?
- ◆ Почему нормальная случайная величина соответствует многим реальным ситуациям?

### Ответы на вопросы

---

В этом разделе приведены ответы на вопросы, перечисленные в начале главы.

#### Каковы свойства нормальной случайной величины?

Как было указано в *главе 66*, с помощью непрерывных случайных величин можно моделировать следующие величины:

- ◆ цена акции Microsoft через год, начиная с этого момента;
- ◆ доля рынка для нового продукта;
- ◆ объем рынка для нового продукта;
- ◆ стоимость разработки нового продукта;
- ◆ вес новорожденного ребенка;
- ◆ чей-либо IQ.

Напомним: если дискретная случайная величина (такая как объем продаж бигмаков за 2014 г.) принимает множество возможных значений, ее можно также аппроксимировать с помощью непрерывной случайной величины. Как описано в *главе 66*, любая непрерывная случайная величина  $X$  имеет плотность распределения вероятностей. Плотность распределения вероятностей непрерывной случайной величины является неотрицательной функцией со следующими свойствами ( $a$  и  $b$  — произвольные числа):

- ◆ площадь под кривой распределения вероятностей равна 1;
- ◆ вероятность  $X < a$  равна вероятности  $X \leq a$ . Эта вероятность представлена площадью под кривой распределения вероятностей слева от  $a$ ;
- ◆ вероятность  $X > b$  равна вероятности  $X \geq b$ . Эта вероятность представлена площадью под кривой распределения вероятностей справа от  $b$ ;

- ♦ вероятность  $a < X < b$  равна вероятности  $a \leq X \leq b$ . Эта вероятность равна площади под кривой распределения вероятностей между  $a$  и  $b$ .

Таким образом, вероятность численно равна площади под кривой распределения вероятностей непрерывной случайной величины. Кроме того, чем больше значение плотности в точке  $X$ , тем больше вероятность того, что случайная величина примет значение в окрестностях  $X$ . Например, если значение плотности распределения вероятностей случайной величины в точке 20 в два раза больше значения плотности распределения вероятностей случайной величины в точке 5, то случайная величина в два раза вероятнее примет значение около 20, чем около 5.

Для непрерывной случайной величины вероятность того, что  $X$  равно какому-либо значению, всегда равна 0. Например, некоторые люди имеют рост от 5,99999 до 6,00001 футов, но ни у одного человека рост не может быть ровно 6 футов. Это объясняет, почему в вероятностных высказываниях можно заменить знак "меньше" ( $<$ ) знаком "меньше или равно" ( $\leq$ ).

На рис. 69.1 показана кривая плотности распределения вероятностей для  $X = \text{IQ}$  случайно выбранного человека. Площадь под этой кривой равна 1. Если требуется найти вероятность для IQ не больше 90, просто найдите площадь слева от значения 90. Если требуется найти вероятность для IQ от 95 до 120, найдите площадь под кривой от 95 до 120. Если требуется найти вероятность IQ больше 130, найдите площадь под кривой плотности распределения вероятностей справа от 130. (См. лист IQ Density в Normalexamples.xlsx.)

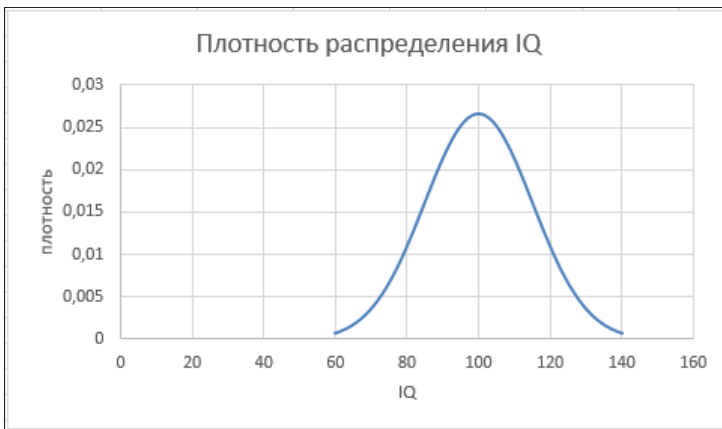


Рис. 69.1. Плотность распределения вероятностей для IQ

В действительности плотность распределения вероятностей на рис. 69.1 является примером распределения *нормальной случайной величины*. Нормальная случайная величина определяется своим средним значением и стандартным отклонением. IQ соответствует нормальной случайной величине с  $\mu = 100$  и  $\sigma = 15$ . Плотность распределения для этой величины представлена на рис. 69.1. Нормальная случайная величина обладает следующими свойствами.

- ♦ Наиболее вероятным значением нормальной случайной величины является  $\mu$  (как показывает пик кривой плотности распределения в точке 100 на рис. 69.1).

- ◆ По мере удаления значения  $x$  случайной величины от  $\mu$  вероятность того, что случайная величина находится вблизи  $x$ , резко уменьшается.
- ◆ Нормальная случайная величина симметрична относительно своего среднего значения. Например, IQ вблизи 80 также вероятен, как вблизи 120.
- ◆ Нормальная случайная величина с вероятностью 68% находится на расстоянии  $\sigma$  от своего среднего значения, с вероятностью 95% — на расстоянии  $2\sigma$  от среднего значения и с вероятностью 99,7% — на расстоянии  $3\sigma$  от среднего значения. Эти меры напоминают эмпирическое правило, описанное в главе 42. В действительности, это эмпирическое правило основано на предположении, что данные выбраны из нормального распределения. Теперь понятно, почему это эмпирическое правило не работает с таким же успехом, если данные не соответствуют симметричной гистограмме.

Для больших значений  $\sigma$  нормальная случайная величина меньше сгруппирована вокруг своего среднего значения. Это положение проиллюстрировано на рис. 69.2 и 69.3. (См. лист Sigma of 5 and 15 в файле Normalexamples.xlsx.)

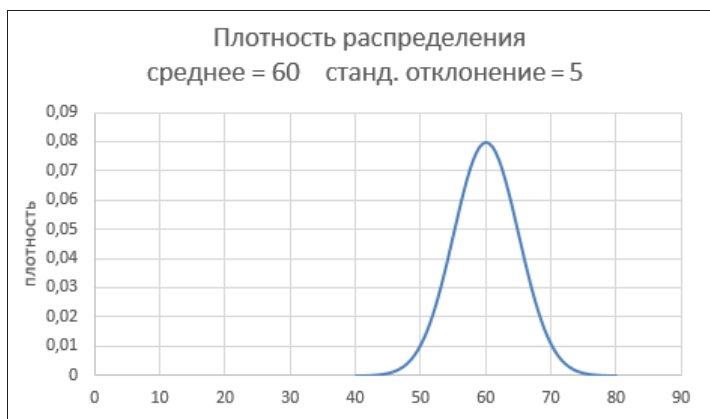


Рис. 69.2. Кривая плотности распределения нормальной случайной величины для  $\mu = 60$  и  $\sigma = 5$

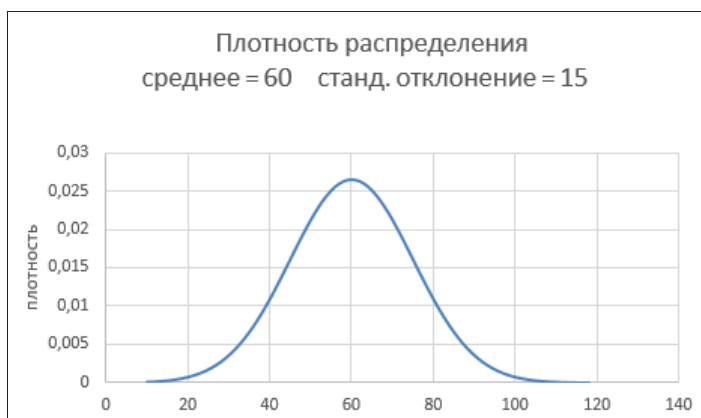


Рис. 69.3. Кривая плотности распределения нормальной случайной величины для  $\mu = 60$  и  $\sigma = 15$

## Как в Excel найти распределение нормальной случайной величины?

Рассмотрим нормальную случайную величину  $X$  со средним значением  $\mu$  и стандартным отклонением  $\sigma$ . Предположим, что для любого числа  $x$  необходимо найти вероятность  $X \leq x$ , которая называется *нормальной интегральной функцией*. В Microsoft Excel 2013 существует функция НОРМ.РАСП (NORM.DIST). Для поиска вероятности того, что  $X \leq x$ , введите формулу =НОРМ.РАСП( $x$ ;  $\mu$ ;  $\sigma$ ; 1). Безусловно, для четвертого аргумента значение 1 можно заменить значением ИСТИНА.

Если для четвертого аргумента указано значение 1, вычисляется нормальная интегральная функция. Если последний аргумент функции равен 0, вычисляется фактическое значение функции распределения вероятностей нормальной случайной величины. Статистические функции в Microsoft Excel 2013 (такие как НОРМ.РАСП) были или изменены, или полностью переработаны для обеспечения более высокой точности по сравнению с аналогами (например, с функцией НОРМРАСП) в предыдущих версиях Excel.

Для ответов на вопросы, касающиеся нормального распределения, рассмотрим в действии функцию НОРМ.РАСП. Примеры находятся в файле Normalexamples.xlsx на листе Normal, представленном на рис. 69.4 в следующих трех сценариях.

	В	С	Д
2		Вероятность	
3	IQ<90	0,252492538	
4	95<IQ<120	0,53934744	
5	IQ>130	0,022750132	
6			
7	99 процентиль антидепрессант	71,63173937	
8	10 процентиль семейный доход в Блумингтоне	19747,58748	

Рис. 69.4. Вычисление вероятности нормального распределения

- ◆ У какой части населения IQ меньше 90? Пусть  $X$  равен IQ случайно выбранного человека. Тогда необходимо найти вероятность того, что  $X < 90$ , которая эквивалентна вероятности того, что  $X \leq 90$ . Следовательно, в ячейку C3 на листе Normal можно ввести формулу =НОРМ.РАСП(90;100;15;1) и получить в результате 0,252. Таким образом, 25,2% всего населения обладают IQ меньше 90.
- ◆ Какая часть населения обладает IQ от 95 до 120? При поиске вероятности того, что  $a \leq X \leq b$ , применяется формула (площадь\_под\_кривой\_плотности слева от  $b$ ) – (площадь\_под\_кривой\_плотности слева от  $a$ ). Таким образом, вероятность того, что  $a \leq X \leq b$ , можно найти по формуле =НОРМ.РАСП( $b$ ;  $\mu$ ;  $s$ ; 1) – НОРМ.РАСП( $a$ ;  $\mu$ ;  $s$ ; 1). Для ответа на вопрос с IQ от 95 до 120 введите формулу =НОРМ.РАСП(120;100;15;1) – НОРМ.РАСП(95;100;15;1) в ячейку C4 на листе Normal. Результат вычисления вероятности — 0,539, т. е. 53,9% всего населения имеют IQ от 95 до 120.

- ◆ У какой части населения IQ не менее 130? При поиске вероятности того, что  $X \geq b$ , обратите внимание, что (вероятность для  $X \geq b$ ) эквивалентна ( $1 -$  вероятность для  $X < b$ ). Для вычисления вероятности того, что  $X \geq b$ , введите формулу  $=1-\text{НОРМ.РАСП}(b;\mu;\sigma;1)$ . Требуется найти вероятность для  $X \geq 130$ . Это эквивалентно ( $1 -$  вероятность для  $X < 130$ ). Введите формулу  $=1-\text{НОРМ.РАСП}(130;100;15;1)$  в ячейку C5 на листе Normal. Вычисленная вероятность равна 0,023, т. е. 2,3% всего населения являются обладателями IQ не меньше 130.

### Как в Excel найти проценти́ли для нормальных случайных величин?

Рассмотрим заданную нормальную случайную величину  $X$  со средним и стандартным отклонением. Во многих ситуациях требуется ответить на вопросы, подобные тем, что перечислены далее.

- ◆ Компания-производитель лекарственных препаратов считает, что в следующем году спрос на популярный антидепрессант будет соответствовать нормальному закону распределения со средним, равным 60 млн дней терапии, и стандартным отклонением, равным 5 млн дней терапии. Сколько единиц препарата необходимо произвести в этом году, если риск остаться без препарата должен составить только 1%?
- ◆ Семейный доход в городе Блумингтоне, штат Индиана, имеет нормальное распределение со средним значением 30 000 долларов и стандартным отклонением 8000 долларов. Самые бедные 10% семей от всех семей в Блумингтоне имеют право на федеральную помощь. Какой должна быть максимально допустимая величина дохода для получения помощи?

В первом примере требуется определить 99-й процентиль спроса на антидепрессант. Иначе говоря, необходимо найти такое число  $x$ , при котором спрос превысит  $x$  с вероятностью 1%, и с вероятностью 99% спрос будет меньше  $x$ . Во втором примере требуется найти 10-й процентиль семейного дохода в Блумингтоне. Значит, необходимо найти такое число  $x$ , при котором семейный доход будет меньше  $x$  с вероятностью 10%, и с вероятностью 90% семейный доход превысит  $x$ .

Предположим, требуется найти  $p$ -й процентиль (выраженный в виде десятичной дроби) нормальной случайной величины  $X$  со средним значением и стандартным отклонением. В Microsoft Excel 2013 для этого можно просто ввести формулу  $=\text{НОРМ.ОБР}(p;\mu;\sigma)$ . В результате вычисления этой формулы будет получено число  $x$ , такое, что вероятность для  $X \leq x$  равна указанному процентилю. Теперь можно решить приведенные выше примеры. Решение находится на листе Normal в файле Normalexamples.xlsx.

В примере с производством лекарственного препарата пусть  $X$  равно годовому спросу на препарат. Требуется найти значение  $x$ , такое что вероятность для  $X \geq x$  равна 0,01 или вероятность для  $X < x$  равна 0,99. Таким образом, необходимо найти 99-й процентиль спроса (в млн). Для этого введите формулу  $=\text{НОРМ.ОБР}(0,99;60;5)$  в ячейку C7. В результате вычисления получено значение 71,63, т. е. компания должна произвести препарата для 71 630 000 дней терапии. Конечно, здесь подразумевается, что компания начинает год без запасов препарата. Если, например, на-

чальные запасы препарата обеспечивают 10 млн дней терапии, то в текущем году необходимо произвести препарата для 61 630 000 дней терапии.

При определении дохода, максимально допустимого для получения федеральной помощи, пусть  $X$  равен семейному доходу в Блумингтоне. Тогда требуется найти значение  $x$ , такое, что вероятность для  $X \leq x$  равна 0,10, или 10-й процентиль семейного дохода в Блумингтоне. Найдите это значение по формуле  $\text{НОРМ.ОБР}(0,10;30000;8000)$ . Вычисления показывают, что на федеральную помощь могут рассчитывать все семьи с доходом меньше 19 749,59 долл.

### Почему нормальная случайная величина соответствует многим реальным ситуациям?

Хорошо известная в математике *центральная предельная теорема* показывает, что если сложить вместе множество (как правило, не меньше 30) независимых случайных величин, их сумма будет распределена по нормальному закону. Этот результат сохраняется даже в том случае, если отдельные случайные величины не являются нормально распределенными. Многие величины (такие как ошибки измерений) создаются путем сложения нескольких независимых случайных величин, и это объясняет, почему нормальная случайная величина так часто встречается в реальном мире. Вот еще несколько ситуаций, к которым применима центральная предельная теорема.

- ◆ Общий объем спроса на пиццу в супермаркете в течение месяца подчиняется закону нормального распределения, даже если ежедневный спрос на пиццу не описывается этим законом.
- ◆ Сумма выигрыша при игре в кости 1000 раз распределена по нормальному закону, даже если сумма выигрыша в каждой отдельной игре не подчиняется этому закону.

Еще один важный математический результат позволяет найти среднее, дисперсию и стандартные отклонения сумм независимых случайных величин. Если сложить вместе независимые случайные величины  $X_1, X_2, \dots, X_n$ , где среднее  $X_i = \mu_i$  и стандартное отклонение  $X_i = \sigma_i$ , то справедливо следующее:

1. Среднее  $(X_1 + X_2 + \dots + X_n) = \mu_1 + \mu_2 + \dots + \mu_n$ .
2. Дисперсия  $(X_1 + X_2 + \dots + X_n) = s_1^2 + s_2^2 + \dots + s_n^2$ .
3. Стандартное отклонение  $(X_1 + X_2 + \dots + X_n) = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \dots + \sigma_n^2}$ .

Следует отметить, что первое уравнение справедливо даже в случае, если случайные величины не являются независимыми. Объединив уравнения 1—3 с центральной предельной теоремой, можно решить множество сложных вероятностных задач. Например, предположим, что ежедневный спрос на пиццу не распределен по нормальному закону, но имеет среднее значение 45 и стандартное отклонение 10. Какова вероятность того, что за месяц будет продано не менее 1400 пицц? Решение задачи с пиццей находится в файле `Normalexamples.xlsx` на листе `Central Limit`, который показан на рис. 69.5.

	C	D
1		
2	<b>Ежедневный спрос на замороженную пиццу</b>	
3	среднее	45
4	стандартное отклонение	12
5		
6	<b>30 дней</b>	
7	среднее	1350
8	дисперсия	4320
9	стандартное отклонение	65,72671
10		
11	Вероятность продажи более 1400 шт.	0,225689
12	1% риска остаться без пиццы	1502,903

Рис. 69.5. С центральной предельной теоремой

Даже если ежедневный спрос на замороженную пиццу не распределен по нормальному закону, согласно центральной предельной теореме спрос на пиццу в течение 30 дней описывается нормальным законом распределения. Учитывая это, из формул 1—3 получаем следующее:

- ◆ из формулы 1: среднее для спроса в течение 30 дней равно  $30(45) = 1\,350$ ;
- ◆ из формулы 2: дисперсия для спроса в течение 30 дней равна  $30(12)^2 = 4\,320$ ;
- ◆ из формулы 3: стандартное отклонение для спроса в течение 30 дней равно 65,73.

Таким образом, спрос на пиццу в течение 30 дней можно моделировать нормальной случайной величиной со средним значением 1350 и стандартным отклонением 65,73. В ячейке D11 по формуле  $=1-\text{НОРМ.РАСП}(1399,5;D7;D9;\text{ИСТИНА})$  вычислена вероятность продажи не менее 1400 пицц как вероятность того, что аппроксимация нормальным распределением составляет не менее 1399,5 (обратите внимание, что спрос 1399,6 можно было бы округлить до 1400). Вероятность того, что спрос в течение 30 дней составит не менее 1400 пицц, равна 22,6%.

Количество пицц, которое необходимо приготовить для обеспечения 1%-ного риска остаться без пиццы, является 99-м процентилем распределения спроса. 99-й процентиль распределения спроса (1503) определен в ячейке D12 по формуле  $=\text{НОРМ.ОБР}(0,99;D7;D9)$ . Таким образом, в начале месяца необходимо запастись 1503 пиццы, если риск остаться без пиццы должен составлять только 1%.

## Задания

1. Предположим, что можно установить среднее количество унций содовой воды, наливаемой в банку. Фактическое количество унций имеет стандартное отклонение 0,05 унции.
  - Если установлено среднее значение 12,03 унции, и банка с содовой считается годной, когда содержит не менее 12 унций напитка, какая часть банок окажется годной?
  - Какая часть банок будет содержать менее 12,1 унции?



- Каким необходимо установить среднее значение, если не более 1% от всех банок должно содержать не более 12 унций? Подсказка: воспользуйтесь инструментом **Подбор параметра** (Goal Seek).
2. Годовой спрос на лекарственный препарат распределен по нормальному закону со средним 40 000 единиц и стандартным отклонением 10 000 единиц.
    - Какова вероятность того, что годовой спрос составит от 35 000 до 49 000 единиц?
    - Если риск остаться без препарата должен составлять только 5%, каким должен быть объем производства препарата?
  3. Вероятность выиграть игру в кости составляет 0,493. Если сыграть 10 000 игр и ставить одинаковую сумму на каждую игру, какова вероятность выигрыша? Начните с определения среднего и стандартного отклонения выигрыша в одной игре. Затем примените центральную предельную теорему.
  4. Еженедельные продажи универсалов Volvo Cross Country распределены по нормальному закону со средним 1000 и стандартным отклонением 250.
    - Какова вероятность того, что в течение недели будет продано от 400 до 1100 универсалов?
    - Сколько универсалов, проданных в течение недели, соответствуют 1%-ной вероятности продажи?

# Распределение Вейбулла и бета-распределение: моделирование надежности механизмов и продолжительности работы

### Обсуждаемые вопросы

- ◆ Как оценить вероятность безотказной работы станка в течение не менее 20 часов?
- ◆ Как оценить вероятность того, что продолжительность работ по монтажу перегородки из гипсокартона в здании составит более 200 часов?

Случайная величина Вейбулла является непрерывной случайной величиной, часто применяемой в моделировании сроков службы механизмов. Если имеются данные о продолжительности работы аналогичных механизмов в прошлом, можно вычислить два параметра (альфа и бета), определяющие случайную величину Вейбулла. Затем в Microsoft Excel 2013 с помощью функции `ВЕЙБУЛЛ.РАСП (WEIBULL.DIST)` можно определить представляющие интерес вероятности, например, оценить продолжительность безотказной работы станка.

Случайная величина с бета-распределением является непрерывной случайной величиной, часто применяемой в моделировании продолжительности деятельности. В Microsoft Excel 2013 при заданных оценках минимальной, максимальной и средней продолжительности и стандартного отклонения продолжительности можно с помощью функции `БЕТА.РАСП (BETA.DIST)` определить представляющие интерес вероятности.

### Ответы на вопросы

---

В этом разделе приведены ответы на вопросы, перечисленные в начале главы.

#### **Как оценить вероятность безотказной работы станка в течение не менее 20 часов?**

Предположим, что были проведены наблюдения за продолжительностью работы семи одинаковых станков. Собранные о станках данные находятся в файле `Weibullest.xlsx` (рис. 70.1).

	A	B	C
16		Станок 1	8,5
17		Станок 2	12,54
18		Станок 3	13,75
19		Станок 4	19,75
20		Станок 5	21,46
21		Станок 6	26,34
22		Станок 7	28,45

Рис. 70.1. Данные о продолжительности работы станков

Инженеры по обеспечению надежности обнаружили, что для моделирования продолжительности безотказной работы механизмов, как правило, подходит случайная величина Вейбулла. Случайная величина Вейбулла определяется двумя параметрами: альфа и бета. На основе полученных данных с помощью функций `СРЗНАЧ` (`AVERAGE`) и `СТАНДОТКЛОН.В` (`STDEV.S`) в ячейках B13 и B14 было определено, что в среднем станки работают без отказа 18,68 часа со стандартным отклонением 7,40 часа. Скопировав эти значения в ячейки G6 и G11 и запустив **Поиск решения** (`Solver`) с параметрами, показанными на рис. 70.2, можно вычислить альфа и бета, такие, что среднее значение и стандартное отклонение случайной величины Вейбулла будут соответствовать данным. Как видно из рис. 70.3, в этом примере альфа равна 2,725, а бета — 21,003. Любые значения, введенные в ячейки E2 и E3 для альфа и бета случайной величины Вейбулла, дают в результате среднее значение (вычисляемое в ячейке E6) и стандартное отклонение (вычисляемое в ячейке E11). В модели поиска решения альфа и бета изменяются до тех пор, пока среднее значение и стандартное отклонение распределения Вейбулла не станут равны среднему значению и стандартному отклонению продолжительности работы станка, вычисленным на основе собранных данных. Для решения этой задачи методом ОПГ рекомендуется использовать несколько начальных точек. Кроме того, метод ОПГ с несколькими начальными точками рекомендуется применять с верхними и нижними границами для изменяемых ячеек. Для альфа и бета нижняя граница 0,010 работает всегда. Для альфа и бета была опробована верхняя граница 1000. Если при поиске решения альфа или бета превышают указанную верхнюю границу, ее необходимо расширить.

Синтаксис функции `ВЕЙБУЛЛ.РАСП`:

`ВЕЙБУЛЛ.РАСП` (x; альфа; бета; интегральная)

Если значение аргумента `интегральная` равно `ИСТИНА`, по формуле вычисляется вероятность того, что случайная величина Вейбулла с параметрами альфа и бета меньше или равна x. При замене `ИСТИНА` на `ЛОЖЬ` вычисляется высота кривой плотности распределения Вейбулла. Как отмечалось в главе 66, высота кривой плотности распределения для любого значения x непрерывной случайной величины указывает вероятность того, что случайная величина примет значение в окрестности x. Таким образом, если плотность распределения Вейбулла для 20 часов в два раза больше плотности распределения для 10 часов, то вероятность того, что станок проработает 20 часов до отказа, в два раза выше вероятности того, что он проработает 10 часов. Перед тем как ответить на вопросы о представляющих интерес вероятностях, отме-

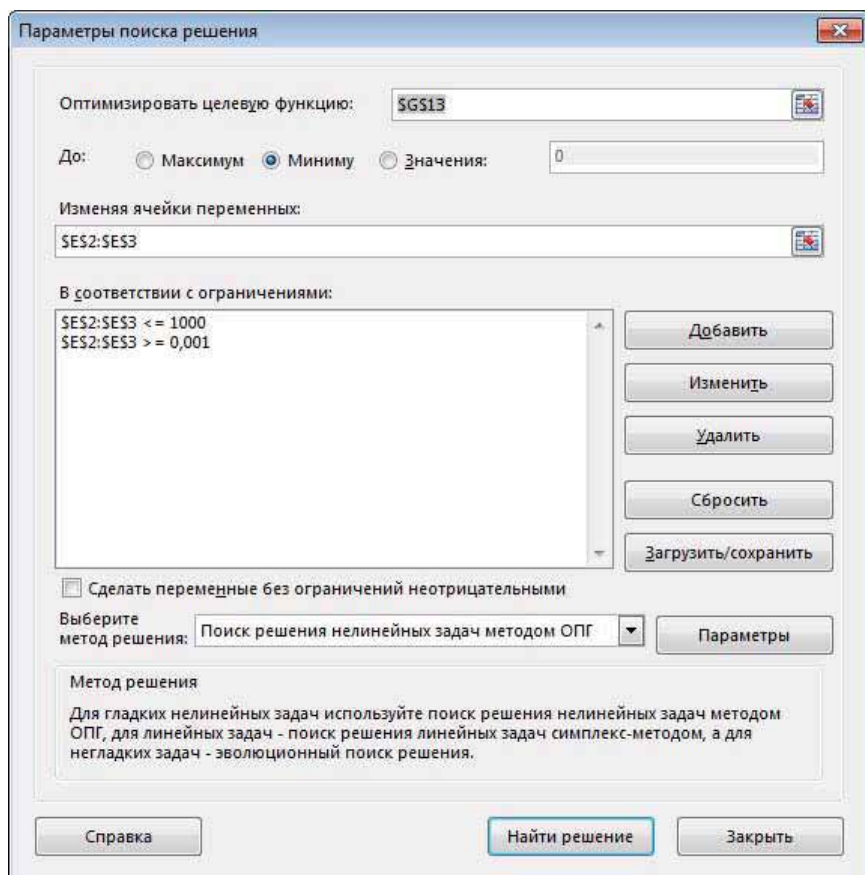


Рис. 70.2. Параметры поиска решения для определения альфы и беты случайной величины Вейбулла

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2				альфа	2,72527			
3				бета	21,0037			
4								
5								
6				среднее	18,6843 =		предполаг. квадр. откл.	
7					441,156		18,68429	1,5E-11
8					0,91549			
9					0,88957			
10				дисперсия	54,7731			
11				станд. отклон.	7,40089 =		7,400885	6,1E-12
12								
13	среднее	18,684286				Сумма квадратичных	2,09E-11	
14	станд. отклон.	7,4008848						
15								
16		Станок 1	8,5			Вероятность >=20 часов	0,416832	
17		Станок 2	12,54					
18		Станок 3	13,75			Вероятность от 15 до 30 час	0,599417	
19		Станок 4	19,75					
20		Станок 5	21,46					
21		Станок 6	26,34					
22		Станок 7	28,45					

Рис. 70.3. Вычисление альфы и беты для случайной величины Вейбулла

тим, что в предыдущих версиях Excel те же результаты дает функция ВЕЙБУЛЛРАСП (WEIBULLDIST).

- ◆ Какова вероятность того, что станок проработает не менее 20 часов? Эта вероятность (41,7%) вычисляется в ячейке G16 по формуле  $=1 - \text{ВЕЙБУЛЛ.РАСП}(20; \text{альфа}; \text{бета}; 1)$ . По существу, по этой формуле вычисляется площадь под кривой плотности распределения Вейбулла справа от отметки 20 часов путем вычитания из 1 площади слева от отметки 20 часов.
- ◆ Какова вероятность того, что станок безотказно проработает от 15 до 30 часов? Эта вероятность (66,9%) вычисляется в ячейке G18 по формуле  $=\text{ВЕЙБУЛЛ.РАСП}(30; \text{альфа}; \text{бета}; \text{ИСТИНА}) - \text{ВЕЙБУЛЛ.РАСП}(15; \text{альфа}; \text{бета}; \text{ИСТИНА})$ . По этой формуле вычисляется площадь под кривой плотности распределения Вейбулла между отметками 15 и 30 часов как площадь слева от отметки 30 часов минус площадь слева от отметки 15 часов. После вычитания вероятности безотказной работы станка в течение менее 15 часов из вероятности безотказной работы станка не более 30 часов останется вероятность безотказной работы станка от 15 до 30 часов.

### Как оценить вероятность того, что продолжительность работ по монтажу перегородки из гипсокартона в здании составит более 200 часов?

С момента разработки ракеты Polaris в 1950 г. руководители проектов моделируют продолжительность работ с помощью случайной величины с бета-распределением. Для вычисления случайной величины с бета-распределением необходимо определить минимальное и максимальное значения, а также два параметра (альфа и бета). Для вычисления параметров бета-распределения можно воспользоваться данными в файле Beta.xlsx (рис. 70.4).

Предположим, что для монтажа перегородки в здании необходимо от 0 до 600 часов. Это минимальное и максимальное значения, введенные в ячейки C7 и C8. Диапазон ячеек F8:F22 содержит периоды времени, необходимые для монтажа перегородок в 15 зданиях одинакового размера. В ячейке F5 с помощью функции СРЗНАЧ (AVERAGE) вычислено среднее время (78,49 часа), необходимое для монтажа перегородки в этих 15 зданиях. В ячейке F6 с помощью функции СТАНДОТКЛОН.В (STDEV) определено стандартное отклонение (47,97 часа) для периода времени, необходимого для монтажа перегородки в этих зданиях. Любой выбор значений альфа и бета определяет форму кривой бета-распределения, а также среднее значение и стандартное отклонение для соответствующей случайной величины. Если можно выбрать значения альфа и бета в соответствии со средним значением и стандартным отклонением времени монтажа перегородки, вычисленных на основе предоставленных данных, кажется разумным, что эти значения альфа и бета дадут в результате вероятности, согласующиеся с данными наблюдения. После ввода в ячейки C9 и C10 среднего значения и стандартного отклонения для данных о времени монтажа перегородки, на листе будут вычислены значения для альфа (2, 20) в ячейке C5 и для бета (14, 66) в ячейке C6, которые обеспечат соответствие среднего значения и стандартного отклонения случайной величины с бета-распределением среднему значению и стандартному отклонению данных.

	B	C	D	E	F
5	альфа	2,196262		среднее	78,4865
6	бета	14,59335		станд.отклон.	47,967
7	нижняя граница	0			Данные
8	верхняя граница	600			26,257
9	среднее	78,48647			91,840
10	стандартное отклонение	47,96749			66,543
11	преобразованное среднее	0,130811			53,893
12	преобразованная дисперсия	0,006391			222,437
13					72,054
14					75,357
15	Вероятность >=200 часов	0,020502			78,274
16	Вероятность <=80 часов	0,583238			99,044
17	Вероятность от 30 до 150 часов	0,771058			90,476
18					47,000
19					16,215
20					117,277
21					69,935
22					50,694

Рис. 70.4. Определение вероятностей с помощью случайной величины с бета-распределением

Функция БЕТА.РАСП (БЕТА.DIST) с синтаксисом БЕТА.РАСП(х; альфа; бета; ИСТИНА\_или\_1; нижняя\_граница; верхняя\_граница) определяет вероятность того, что случайная величина с бета-распределением, изменяющаяся от нижней границы до верхней границы, с параметрами альфа и бета принимает значение, меньшее или равное х. Последние два аргумента являются необязательными, и, если они опущены, по умолчанию нижняя граница равна 0, а верхняя — 1. Функция БЕТА.РАСП(х; альфа; бета; ЛОЖЬ\_или\_0; нижняя\_граница; верхняя\_граница) возвращает плотность распределения вероятностей случайной величины с бета-распределением. Теперь с помощью функции БЕТА.РАСП можно вычислить представляющие интерес вероятности.

Для вычисления вероятности того, что монтаж перегородки займет не менее 200 часов, введите в ячейку C15 формулу =1-БЕТА.РАСП(200; альфа; бета; ИСТИНА\_или\_1; нижняя\_граница; верхняя\_граница). Вероятность составит 2,1%. По этой формуле вероятность того, что монтаж займет не менее 200 часов, вычисляется как единица минус вероятность того, что монтаж займет не более 200 часов.

Вероятность того, что монтаж перегородки займет не более 80 часов (58,3%), вычисляется в ячейке C16 по формуле =БЕТА.РАСП(80; альфа; бета; ИСТИНА; верхняя\_граница; нижняя\_граница). И для вычисления вероятности того, что на выполнение задания уйдет от 30 до 150 часов (77,1%), введите в ячейку C17 формулу

=БЕТА.РАСП(150; альфа; бета; ИСТИНА; нижняя\_граница; верхняя\_граница) -  
БЕТА.РАСП(30; альфа; бета; ИСТИНА; нижняя\_граница; верхняя\_граница).

По этой формуле вероятность того, что монтаж займет от 30 до 150 часов, вычисляется как вероятность того, что монтаж займет не более 150 часов, минус вероятность того, что монтаж займет не более 30 часов. Разность между этими вероятностями учитывает только случаи, когда монтаж занимает от 30 до 150 часов.

## Задания

---

Данные к заданиям находятся в файле Ch70data.xlsx.

1. На листе `Problem 1` приведены данные о продолжительности безотказной работы станка.
  - Какова вероятность того, что станок проработает не менее 10 часов?
  - Какова вероятность того, что станок проработает от 1 до 5 часов?
  - Какова вероятность того, что станок сломается в течение 6 часов?
2. Уборку дома необходимо выполнить сегодня. На листе `Problem 2` приведены данные о продолжительности уборки дома в прошлом. Если приступить к работе в полдень, каковы шансы закончить ее и в 19:00 отправиться в кино?

# Создание вероятностных высказываний на основе прогнозов

### Обсуждаемые вопросы

- ◆ На основании чего вычисляются прогнозы?
- ◆ Если компания-производитель лекарственных препаратов предполагает в следующем году продать 60 млн единиц препарата, какова вероятность продажи в следующем году более 65 млн единиц этого препарата?

Любой день просто насыщен прогнозами. Далее приведено несколько примеров таких прогнозов.

- ◆ Правительство прогнозирует в следующем году рост валового национального продукта на 4%.
- ◆ Отдел маркетинга Eli Lilly прогнозирует, что в следующем году лекарственного препарата потребуется на 400 000 000 дней терапии.
- ◆ Специалисты Уолл-стрит предсказывают, что индекс Доу—Джонса поднимется на 20% в течение следующих 12 месяцев.
- ◆ Букмекеры предсказывают победу команды "Индиана Пэйсерс" (Indiana Pacers) над "Хьюстон Рокетс" (Houston Rockets) с преимуществом в 6 очков в первом матче сезона НБА 2015 г.

Несмотря на то, что полученные прогнозы могут быть наилучшими, почти наверняка они будут неправильными. Например, прогноз букмекеров о выигрыше командой "Индиана Пэйсерс" шести очков будет ошибочным, если только "Пэйсерс" не выиграет ровно 6 очков. Это означает, что любое единичное значение (или точечный прогноз) подразумевает распределение вероятностей для прогнозируемой величины. Как найти случайную величину, правильно моделирующую неопределенность, присущую точечному прогнозу? Ключом к распределению вероятностей для точечного прогноза должны быть некие исторические данные о точности последних прогнозов по представляющей интерес величине. Например, для индекса Доу—Джонса имеются прогнозы процентного изменения индекса, сделанные в январе каждого года за последние 10 лет, и фактические изменения индекса для каждого из этих 10 лет.



## Ответы на вопросы

В этом разделе приведены ответы на вопросы, перечисленные в начале главы.

### На основании чего вычисляются прогнозы?

Сначала следует проверить, не проявляют ли последние прогнозы какую-либо *систематическую ошибку*. Для каждого из последних прогнозов определите отношение фактического значения к прогнозируемому значению. Затем усредните эти соотношения. Если прогнозы объективны, среднее значение приблизительно должно быть равно 1. Любое значительное отклонение от 1 указывает на систематическую ошибку. Например, если среднее значение отношения факта к прогнозу равно 2, фактические результаты, как правило, в два раза превосходят прогноз. Для исправления систематической ошибки необходимо автоматически удвоить прогнозируемые значения. Если среднее значение отношения факта к прогнозу равно 0,5, фактические результаты составляют примерно половину от прогнозируемых. Таким образом, для устранения систематической ошибки необходимо уменьшить наполовину прогнозируемые значения. После устранения систематической ошибки внимательно изучите стандартное отклонение процентных ошибок для прогноза без систематической ошибки и смоделируйте прогнозируемую величину с помощью следующей нормальной случайной величины:

- ◆ среднее = прогноз без систематической ошибки;
- ◆ стандартное отклонение = (прогноз без систематической ошибки) × (стандартное отклонение процентных ошибок, связанных с прогнозом без систематической ошибки).

Критерием точности прошлых прогнозов является стандартное отклонение процентных ошибок. Очевидно, что меньшее стандартное отклонение процентных ошибок прогноза предпочтительнее большего стандартного отклонения.

В файле Drugfore.xlsx (рис. 71.1) представлены примеры, иллюстрирующие понятия систематической ошибки прогноза и точности прогноза. Файл содержит данные о фактических и прогнозируемых объемах продаж лекарственного препарата (в миллионах дней терапии) с 2005 по 2012 г. Сначала показаны прогнозы с систематической ошибкой, затем систематическая ошибка из прогнозов удаляется.

Прежде всего, в ячейках F5:F12 проведите проверку на наличие систематической ошибки путем вычисления для каждого года отношения фактических объемов продаж к прогнозируемым. Для этого скопируйте формулу =D5/E5 из F5 в F6:F12.

Затем в ячейке F2 вычислите систематическую ошибку первоначальных прогнозов путем усреднения отношений фактических значений к прогнозируемым для каждого года по формуле =СРЗНАЧ(F5:F12). Фактические продажи проявляют тенденцию отставания от прогнозов на 8%. Для корректировки прошлых прогнозов с систематической ошибкой умножьте их на 0,92 путем копирования формулы =F\$2\*E5 из G5 в G6:G12. В ячейках H5:H12 для каждого года вычислите процентную ошибку прогноза без систематической ошибки путем копирования формулы =(D5-G5)/G5 из H5 в H6:H12. Как видно из рисунка, например, в 2005 г. фактические продажи составили

на 16% меньше прогнозируемых без систематической ошибки, в то время как в 2011 г. фактические продажи превосходили прогнозируемые без систематической ошибки на 19%.

	C	D	E	F	G	H	I	J
1								
2			Среднее	0,91803			среднее станд.отклон.	
3						4,6E-17	0,11375	
4	Год	Фактич. продажи	Прогнозир. продажи	Факт/ прогноз	Прогноз без систематической ошибки	Ошибка в %		
5	2005	17	22	0,77273	20,1966843	-16%		
6	2006	59	61	0,96721	55,99989737	5%		
7	2007	46	51	0,90196	46,81958633	-2%		
8	2008	85	86	0,98837	78,95067499	8%		
9	2009	98	103	0,95146	94,55720376	4%		
10	2010	94	118	0,79661	108,3276703	-13%		
11	2011	24	22	1,09091	20,1966843	19%		
12	2012	14	16	0,875	14,68849767	-5%		
13								
14								
15			Среднее 2013	55,0819				
16			Станд.откл. 2013	6,2657				

Рис. 71.1. Корректировка прогнозов с систематической ошибкой и измерение точности прогнозов

Теперь оценим точность прогноза по ошибкам прогнозов в ячейке I2 путем вычисления стандартного отклонения процентных ошибок по формуле  $=\text{СТАНДОТКЛОН.В}(H5:H12)$ . Стандартное отклонение для прошлых прогнозов без систематической ошибки составило примерно 11,4%.

**Если компания-производитель лекарственных препаратов предполагает в следующем году продать 60 млн единиц препарата, какова вероятность продажи в следующем году более 65 млн единиц этого препарата?**

Ошибки прогнозов часто следуют закону распределения нормальной случайной величины. Значит, после корректировки систематической ошибки можно предположить, что ошибки прогнозов соответствуют нормальной случайной величине с параметрами:

- ◆ среднее = прогноз без систематической ошибки;
- ◆ стандартное отклонение = (прогноз без систематической ошибки) × (стандартное отклонение процентных ошибок, связанных с прогнозом без систематической ошибки).

Для указанного примера это означает необходимость моделировать объемы продаж лекарственного препарата в 2013 г. как нормальную случайную величину со средним значением, равным  $60 \times (0,918) = 55,08$  млн, и стандартным отклонением, равным  $(0,11375) \times 55,08 = 6,27$  млн. Теперь с помощью функции  $\text{НОРМ.РАСП}$  ( $\text{NORM.DIST}$ ) вычислите в E18 (рис. 71.2) вероятность продажи не менее 65 млн единиц в 2013 г. по формуле  $=1-\text{НОРМ.РАСП}(65;F15;F16;\text{ИСТИНА})$ . Шанс продать более 65 млн единиц лекарственного препарата составляет 5,7%.

	D	E	F	G
15		Среднее 2013	55,0819	
16		Станд.откл. 2013	6,2657	
17				
18	Вероятность продажи	0,056719279		
19	>65 млн единиц	1-NORM.РАСП(65;F15;F16;ИСТИНА)		

Рис. 71.2. Вероятность продажи более 65 млн единиц лекарственного препарата

## Задания

1. В седьмой игре финала НБА в 2010 г. между "Бостон Селтикс" и "Лос-Анджелес Лейкерс" команда "Лейкерс" была фаворитом с преимуществом в 7 очков. Последние игры НБА показывают, что прогнозы букмекеров не содержат систематической ошибки. Кроме того, стандартное отклонение букмекерских прогнозов в последних играх НБА составляет 12 очков. Как перед игрой можно было бы оценить вероятность выигрыша "Лейкерс"?
2. Ведущая компания — производитель мобильных телефонов предполагает продать в следующем году 3 млн единиц своего лидера продаж. В прошлом фактические объемы продаж не содержали систематической ошибки. Ошибки прогнозов имели стандартное отклонение 10% от прогнозируемых объемов продаж. Какова вероятность продажи менее 2,5 млн телефонов в следующем году?
3. В файле USC.xlsx для футбольной команды USC содержатся фактические данные о победной разнице для 2005—2009 гг. и прогноз букмекеров (до игры). Свидетельствуют ли эти данные об отсутствии систематической ошибки в прогнозах букмекеров? Если команда USC является фаворитом с преимуществом в 10 очков, какова вероятность выигрыша команды USC?

# Логарифмически нормальная случайная величина в моделировании курса акции

### Обсуждаемые вопросы

- ◆ Что такое логарифмически нормальная случайная величина?
- ◆ По какой причине курс акций ведет себя подобно случайной величине с логарифмически нормальным распределением?
- ◆ Как смоделировать будущий курс любой акции как логарифмически нормальную случайную величину?
- ◆ Как вычислить вероятность того, что курс акции Microsoft превысит 38 долларов через шесть месяцев?
- ◆ Как вычислить средний курс акции Microsoft через шесть месяцев?

Многие люди заинтересованы в моделировании будущего курса акций, цен товаров, например, нефти или пшеницы, или будущего валютного курса. В последние 40 лет для моделирования курсов акций наиболее часто использовалась логарифмически нормальная случайная величина. В этой главе объясняется, почему логарифмически нормальная случайная величина является приемлемой моделью для курсов акций, и как для любой акции определить соответствующие параметры логарифмически нормального распределения. В конце главы показано, как вычислить вероятности для будущего курса акции с помощью функций Excel `ЛОГНОРМ.РАСП` (`LOGNORM.DIST`) и `ЛОГНОРМ.ОБР` (`LOGNORM.INV`).

## Ответы на вопросы

---

В этом разделе приведены ответы на вопросы, перечисленные в начале главы.

### Что такое логарифмически нормальная случайная величина?

Случайная величина  $Y$  имеет логарифмически нормальное распределение, если  $\ln Y$  имеет нормальное распределение. При использовании функций Excel `ЛОГНОРМ.РАСП` и `ЛОГНОРМ.ОБР` логарифмически нормальная случайная величина  $Y$  характеризуется двумя параметрами: средним  $\mu_0$ , равным ожидаемому значению  $\ln Y$ , и стандартным отклонением  $\sigma$ , равным стандартному отклонению  $\ln Y$ .

## По какой причине курс акций ведет себя подобно случайной величине с логарифмически нормальным распределением?

Пусть  $Y$  — курс акции через  $n$  дней, начиная с сегодняшнего дня,  $P$  — курс акции сегодня и  $X_t$  — относительное изменение курса акции за день  $t$ . Тогда  $Y = P \cdot X_1 \cdot X_2 \cdot \dots \cdot X_n$ . Поскольку логарифм произведения равен сумме логарифмов, справедливо, что  $\ln Y = \ln P + \ln X_1 + \ln X_2 + \dots + \ln X_n$ . Предположим, что изменения курса в разные дни являются независимыми случайными величинами. В главе 69 упомянута центральная предельная теорема, утверждающая, что сумма нескольких независимых величин является нормальной случайной величиной, даже если отдельные случайные величины не распределены по нормальному закону. Это объясняет, почему  $\ln Y$ , скорее всего, является нормальной случайной величиной, из чего следует, что  $Y$  является логарифмически нормальной величиной.

## Как смоделировать будущий курс любой акции как логарифмически нормальную случайную величину?

При закрытии торгов 9 августа 2013 г. цена акции Microsoft составляла 32,70 долларов. Предположим, что требуется смоделировать курс акции Microsoft через шесть месяцев как логарифмически нормальную случайную величину. Как вычислить  $\mu$  и  $\sigma$ ? К счастью, в Интернете доступна информация, позволяющая моделировать будущий курс акции. На сайте **Ivolatility.com** предоставляется оценка годовой волатильности акции (назовем ее  $\sigma$ ). Годовая волатильность является мерой рискованности или изменчивости акции. Как указано на сайте **Ivolatility.com**, при закрытии торгов 9 августа 2013 г. подразумеваемая волатильность акции Microsoft составляла 22,27%. Представим  $\sigma$  в виде десятичной дроби:  $\sigma = 0,2227$ . (Метод вычисления подразумеваемой волатильности рассматривается в главе 78.)

В разделе **Investment** сайта **finance.yahoo.com** можно найти единодушное мнение аналитиков о цене акции Microsoft через год (рис. 72.1).

Price Target Summary	
Mean Target:	34.92
Median Target:	35.00
High Target:	41.00
Low Target:	28.00
No. of Brokers:	31

Рис. 72.1. Аналитический прогноз для курса акции Microsoft через год

Пусть  $S$  — сегодняшний курс акции, а  $S_1$  — рассчитанный средний курс акции через год. Тогда  $\mu$ , мера годового среднего ожидаемого дохода по акции, может быть вычислена как  $\mu = \ln(S_1/S)$ .

Известно, что  $S = 32,70$  долларов, а  $S_1 = 34,92$  долларов. Следовательно (как вычислено в ячейке F7 файла Lognormal.xlsx; рис. 72.2),  $\mu = \ln(34,92/32,70) = 0,06568$ .

Если требуется смоделировать курс акции Microsoft через  $t$  лет, необходимо знать  $\mu_t$ , равное среднему значению для  $\ln$  от курса акции Microsoft через  $t$  лет, и  $\sigma_t$ ,

равное стандартному отклонению для  $\ln$  от курса акции Microsoft через  $t$  лет. Оказывается, что:

$$\mu_{0,t} = \ln S + t(\mu_0 - 0,5\sigma_0^2) \text{ и } \sigma_{0,t} = \sigma_0 \cdot \sqrt{t}.$$

Для шести месяцев  $t = 0,5$  года. В ячейке E9 вычисляется  $\mu_{0,0,5}$  по формуле

$$\ln(32,7) + 0,5 \cdot (0,06568) - 0,5 \cdot (0,2227)^2 = 3,507819.$$

В ячейке E10 вычисляется  $\sigma_{0,0,5} = 0,227 \cdot \sqrt{0,5} = 0,157473$ .

Таким образом, можно смоделировать курс акции Microsoft через шесть месяцев как логарифмически нормальную случайную величину с  $\mu_0 = 3,507819$  и  $\sigma_0 = 0,157473$ .

	E	F
1		
2	<b>Microsoft 9 августа 2013 г.</b>	
3		
4	Курс сегодня	\$ 32,70
5	Прогноз через год	\$ 34,92
6	Сигма_	0,2227
7	Мю_	0,065685
8	время (годы)	0,5
9	Мю для t	3,507819
10	Сигма для t	0,157473
11		
12	<b>Через 6 месяцев</b>	
13	Вероятность для курса >=\$38	0,204952
14	Вероятность для курса <=\$20	0,000573
15	Средний курс	33,37538

Рис. 72.2. Моделирование курса акции Microsoft через шесть месяцев с помощью логарифмически нормального распределения

### Как вычислить вероятность того, что курс акции Microsoft превысит 38 долларов через шесть месяцев?

В Microsoft Excel 2013 функция ЛОГНОРМ.РАСП (LOGNORM.DIST) с синтаксисом ЛОГНОРМ.РАСП(х;среднее;стандартное\_отклонение;ИСТИНА или 1) вычисляет вероятность того, что логарифмически нормальная случайная величина с параметрами среднее и стандартное\_отклонение меньше или равна х. При замене ИСТИНА (или 1) на ЛОЖЬ (или 0) функция возвращает высоту кривой распределения логарифмически нормальной случайной величины в точке х.

В предыдущих версиях Excel те же самые результаты возвращала функция ЛОГНОРМРАСП (LOGNORMDIST). В ячейке F13 определяется вероятность того, что курс акции Microsoft превысит 38 долларов. Она вычисляется как  $1 -$  (вероятность для курса акции  $\leq 38$  долл.), поэтому введена формула  $=1 - \text{ЛОГНОРМ.РАСП}(38; F9; F10; \text{ИСТИНА})$ . Вероятность того, что через шесть месяцев акция Microsoft будет продаваться дороже 38 долларов, составляет 20,5%.

В ячейке F14 по формуле  $=\text{ЛОГНОРМ.РАСП}(20; F9; F10; \text{ИСТИНА})$  определяется вероятность того, что через шесть месяцев акция Microsoft будет продаваться не дороже 20 дол-

ларов. Вероятность того, что через шесть месяцев акция Microsoft будет продаваться не дороже 20 долларов, составляет менее одного процента.

### Как вычислить средний курс акции Microsoft через шесть месяцев?

Функция ЛОГНОРМ.ОБР (LOGNORM.INV) с синтаксисом ЛОГНОРМ.ОБР(вероятность; среднее; стандартное\_отклонение) возвращает значение  $x$  логарифмически нормальной случайной величины с параметрами среднее и стандартное\_отклонение такое, что существует вероятность  $p$ , с которой логарифмически нормальная случайная величина окажется меньше или равна  $x$ .

Пусть требуется определить среднюю цену акции Microsoft через шесть месяцев. Это цена  $x$  в долларах такая, что с вероятностью 50% через шесть месяцев цена акции Microsoft составит не более  $x$  долларов. В ячейке F15 средняя цена акции через шесть месяцев определяется по формуле =ЛОГНОРМ.ОБР(0,5;F9;F10). Средняя цена через шесть месяцев составит 33,38 долл.

## Замечания

Знаменитая формула ценообразования Блэка—Шоулза рассматривается в *главе 78*. Эта модель предполагает, что цена акции действительно имеет логарифмически нормальное распределение.

В последние годы стало очевидно, что для многих акций будущий курс принимает необычно высокие или низкие значения чаще, чем предсказывает логарифмически нормальная случайная величина. Это побудило аналитиков искать другие случайные величины с областями больших отклонений, с помощью которых можно было бы моделировать будущий курс акции. Для получения дополнительной информации по этой теме см. книгу Николаса Талеба "Черный лебедь" (Nicholas Taleb. The Black Swan. — New York: Random House, 2010). Кроме того, альтернативный метод моделирования курса акции, не подразумевающий для него логарифмически нормального распределения, рассматривается в *главе 75*.

## Задания

Предположим, что сегодня акция продается за 30 долларов. Годовая волатильность акции составляет 35%, и аналитики предсказывают, что ожидаемая цена акции через год составит 35 долларов. Исходя из этой информации, ответьте на следующие вопросы:

1. Какова вероятность того, что через два года акция будет продаваться по цене более 45 долларов?
2. Какова вероятность того, что через два года акция будет продаваться по цене менее 25 долларов?
3. В каких пределах будет находиться цена акции через два года с вероятностью 95%? Подсказка: для нижнего и верхнего пределов укажите в функции ЛОГНОРМ.ОБР в качестве первого аргумента 0,025 и 0,975, соответственно.

# Введение в моделирование по методу Монте-Карло

### Обсуждаемые вопросы

- ◆ Где применяется моделирование по методу Монте-Карло?
- ◆ Что произойдет, если в ячейку ввести формулу =СЛЧИС()?
- ◆ Как моделируют значения дискретной случайной величины?
- ◆ Как моделируют значения нормальной случайной величины?
- ◆ Как компания — производитель поздравительных открыток может определить, сколько открыток следует произвести?

Аналитикам данных часто требуется точно оценить вероятность неопределенных событий. Например, какова вероятность того, что денежные потоки для нового продукта будут демонстрировать положительную чистую приведенную стоимость (ЧПС)? Каков фактор риска инвестиционного портфеля? Метод Монте-Карло позволяет моделировать ситуации, проявляющие неопределенность, и затем воспроизводить их на компьютере тысячи раз.

### ПРИМЕЧАНИЕ

Термин "моделирование по методу Монте-Карло" пришел из моделирования на вычислительных машинах, выполнявшегося в 1930-х и 1940-х годах для оценки вероятности успешной цепной реакции, необходимой для взрыва атомной бомбы. Физики, принимавшие участие в этих работах, были большими поклонниками азартных игр, поэтому метод моделирования получил кодовое название Монте-Карло.

В следующих пяти главах рассмотрены примеры выполнения в Microsoft Excel 2013 моделирования по методу Монте-Карло.

## Ответы на вопросы

---

В этом разделе приведены ответы на вопросы, перечисленные в начале главы.

### Где применяется моделирование по методу Монте-Карло?

Во многих компаниях моделирование по методу Монте-Карло является важной частью процесса принятия решений. Далее приведено несколько примеров.

- ◆ Компании General Motors, Proctor&Gamble, Pfizer, Bristol-Myers Squibb и Eli Lilly с помощью моделирования оценивают и средний доход, и фактор риска для новой продукции. В General Motors бывший главный исполнительный директор



Рик Вагонер (Rick Waggoner) на основе этой информации определял, какие продукты выпустить на рынок.

- ◆ Компания General Motors, например, моделирует для корпорации прогноз по чистой прибыли, по структурным затратам и затратам на приобретение, а также по чувствительности к различным видам риска (таким как изменения процентных ставок и колебания обменного курса).
- ◆ Компания Lilly с помощью моделирования определяет оптимальную производственную мощность для каждого лекарственного препарата.
- ◆ Компания Proctor&Gamble с помощью метода Монте-Карло моделирует и оптимально хеджирует валютные риски.
- ◆ Компания Sears с помощью моделирования определяет, сколько единиц продукции из каждой товарной линии необходимо заказать у поставщиков, например, количество брюк Dockers на этот год.
- ◆ Нефтяные и фармацевтические компании моделируют оценку реальных возможностей, например, оценку возможности расширения, заключения сделки или отсрочки проекта.
- ◆ Специалисты по финансовому планированию с помощью моделирования по методу Монте-Карло определяют оптимальные инвестиционные стратегии для выхода на пенсию своих клиентов.

### Что произойдет, если в ячейку ввести формулу =слчис () ?

При вводе в ячейку формулы =слчис () функция слчис (RAND) возвращает число, которое с равной вероятностью принимает любое значение от 0 до 1. Таким образом, примерно в 25% случаев должно быть возвращено число не более 0,25; примерно в 10% случаев число должно быть не менее 0,90 и т. д. Для демонстрации работы функции слчис см. файл Randdemo.xlsx (рис. 73.1).

#### ПРИМЕЧАНИЕ

В файле Randdemo.xlsx на листе Sheet1 отсутствуют случайные числа, показанные на рис. 73.1. Функция слчис при открытии листа или при вводе новой информации на лист всегда выполняет перерасчет генерируемых чисел. Значения, соответствующие рис. 73.1, зафиксированы на листе Frozen.

Формула =слчис () скопирована из ячейки с3 в с4:с402; диапазону с3:с402 присвоено имя Data. Затем в столбце F можно отследить среднее значение для 400 случайных чисел (в ячейке F2) и с помощью функции сЧЕТЕСЛИ (COUNTIF) подсчитать долю значений в каждом интервале: от 0 до 0,25, от 0,25 до 0,50, от 0,50 до 0,75 и от 0,75 до 1. При нажатии клавиши <F9> случайные числа пересчитываются. Обратите внимание, что среднее для 400 чисел всегда приблизительно равно 0,5 и на каждый из интервалов приходится примерно 25% результатов. Эти результаты согласуются с определением случайного числа. Также отметим, что значения, генерируемые функцией слчис в разных ячейках, независимы. Например, если в ячейке с3 сгенерировано большое случайное число (скажем, 0,99), о значениях других сгенерированных случайных чисел ничего сказать невозможно.

	B	C	D	E	F
2	Испытание			среднее	0,495952
3	1	0,813262			
4	2	0,288988		Интервалы	
5	3	0,939361		0-.25	0,2575
6	4	0,786287		.25-.50	0,2425
7	5	0,91443		.50-.75	0,2475
8	6	0,26157		.75-1	0,2525
9	7	0,336107			
10	8	0,503733			
11	9	0,105186			
12	10	0,956549			
13	11	0,857657			
14	12	0,126325			
15	13	0,558723			
16	14	0,351238			
17	15	0,856488			
18	16	0,77694			
19	17	0,626955			
20	18	0,552412			
21	19	0,718024			
22	20	0,548031			

Рис. 73.1. Демонстрация функции СЛЧИС

### Как моделируют значения дискретной случайной величины?

Предположим, что спрос на календари определяется дискретной случайной величиной, представленной в табл. 73.1.

Таблица 73.1

Спрос	Вероятность
10 000	0,10
20 000	0,35
40 000	0,3
69 000	0,25

Как смоделировать в Excel спрос на календари несколько раз? Хитрость заключается в связывании каждого возможного значения функции СЛЧИС с возможным спросом на календари. Соответствия, представленные в табл. 73.2, гарантируют, что спрос в объеме 10 000 календарей будет встречаться в 10% случаев и т. д.

Таблица 73.2

Спрос	Соответствующее случайное число
10 000	Меньше 0,10
20 000	Больше или равно 0,10 и меньше 0,45
40 000	Больше или равно 0,45 и меньше 0,75
69 000	Больше или равно 0,75

См. моделирование спроса на листе *Sim* в файле *Discretessim.xlsx* (или его "замороженную" версию, показанную на рис. 73.2).

Ключом к моделированию здесь является использование случайного числа для инициации поиска в таблице *F2:G5* (с именем *Lookup*). Случайные числа от 0 до 0,10 соответствуют спросу на 10 000 календарей; случайные числа от 0,10 (включительно) до 0,45 — спросу на 20 000 календарей; случайные числа от 0,45 (включительно) до 0,75 — спросу на 40 000 календарей; и случайные числа от 0,75 (включительно) соответствуют спросу на 69 000 календарей. С помощью формулы `=СЛЧИС()`, скопированной из *C3* в *C4:C402*, получено четыреста случайных чисел. Затем путем копирования формулы `=ВПР(C3;lookup;2)` из *B3* в *B4:B402* было сгенерировано 400 испытаний или итераций для спроса на календари. Эта формула обеспечивает для любого случайного числа до 0,10 генерацию спроса на 10 000 календарей; для любого случайного числа от 0,10 до 0,45 генерацию спроса на 20 000 календарей и т. д. В ячейках *F8:F11* с помощью функции `СЧЁТЕСЛИ(COUNTIF)` определены доли от 400 итераций, соответствующие каждому объему спроса. При нажатии клавиши `<F9>` для перерасчета случайных чисел можно видеть, что моделируемые вероятности близки к предполагаемым вероятностям спроса.

	A	B	C	D	E	F	G
1						Интервалы	Спрос
2	Испытание		Случайное число			0	10000
3	1	40000	0,654371197			0,1	20000
4	2	40000	0,74304984			0,45	40000
5	3	40000	0,451734447			0,75	69000
6	4	69000	0,975801586				
7	5	10000	0,02522733			Доли	
8	6	40000	0,584550941		10000	0,11	
9	7	40000	0,716146723		20000	0,355	
10	8	69000	0,982765265		40000	0,295	
11	9	40000	0,668441877		69000	0,24	
12	10	20000	0,200631613				
13	11	20000	0,33382305				
14	12	20000	0,171944221				
15	13	40000	0,732450974				
16	14	69000	0,960964199				
17	15	20000	0,353650604				
18	16	10000	0,097895809				

Рис. 73.2. Моделирование дискретной случайной величины

### Как моделируют значения нормальной случайной величины?

Если ввести в любую ячейку формулу `=НОРМ.ОБР(СЛЧИСЛ(); среднее; стандартное_отклонение)`, то функция `НОРМ.ОБР(NORM.INV)` смоделирует значение нормальной случайной величины с параметрами `среднее` и `стандартное_отклонение`. Эта процедура показана на листе *Sim* в файле *Normalsim.xlsx*. (См. рис. 73.3 с версией на листе *Frozen*.)

Предположим, что требуется смоделировать 400 испытаний для нормальной случайной величины со средним значением 40 000 и стандартным отклонением 10 000. (Эти значения введены в ячейки *E1* и *E2* с именами `mean` и `sigma`, соответственно.)

400 случайных чисел генерируются формулой =СЛЧИС(), скопированной из C4 в C5:C403. 400 пробных значений нормальной случайной величины со средним 40 000 и стандартным отклонением 10 000 генерируются путем копирования формулы =НОРМ.ОБР(C4,mean,sigma) из B4 в B5:B403. При нажатии клавиши <F9> для перерасчета случайных чисел среднее значение остается близким к 40 000, а стандартное отклонение — к 10 000.

	A	B	C	D	E	F	G
1				среднее	40000		
2				станд.отклон.	10000		
3	Испытание	Норм.случ.	Случайн.				
4	1	51474,28518	0,874398			смодел.среднее	39917,206
5	2	47174,57061	0,763454			смодел.ст.отклон.	10090,233
6	3	28679,63394	0,12881				
7	4	38347,61662	0,434378				
8	5	35589,45315	0,329587				
9	6	21426,72175	0,031632				
10	7	45611,61787	0,712656				
11	8	49758,08713	0,83542				
12	9	74377,58134	0,999707				
13	10	43021,64238	0,618737				
14	11	52902,32552	0,901515				
15	12	23891,34524	0,053605				
16	13	51007,7462	0,864503				
17	14	44679,22699	0,68008				
18	15	51143,83646	0,867443				

Рис. 73.3. Моделирование нормальной случайной величины

По существу, для случайного числа  $p$  по формуле =НОРМ.ОБР( $p$ ; среднее; стандартное\_отклонение) генерируется  $p$ -й процентиль нормальной случайной величины с параметрами среднее и стандартное\_отклонение. Например, для случайного числа 0,87 из ячейки C4 (см. рис. 73.3) в ячейке B4 генерируется приблизительно 87-й процентиль нормальной случайной величины со средним значением 40 000 и стандартным отклонением 10 000.

### Как компания — производитель поздравительных открыток может определить, сколько открыток следует произвести?

Далее показано применение моделирования по методу Монте-Карло в качестве инструмента для принятия решений. Предположим, что спрос на открытки ко Дню святого Валентина определяется дискретной случайной величиной, представленной в табл. 73.3.

Поздравительная открытка продается за 4,00 доллара, а переменные затраты на производство каждой открытки составляют 1,50 доллара. Непроданные открытки должны быть ликвидированы по цене 0,20 доллара за открытку. Сколько открыток должно быть напечатано?

По существу, каждый возможный объем производства (10 000, 20 000, 40 000 или 69 000) моделируется множество раз (например, тысячу раз). Затем по тысяче ис-

Таблица 73.3

Спрос	Вероятность
10 000	0,10
20 000	0,35
40 000	0,3
69 000	0,25

пытаний определяется, какой размер заказа соответствует максимальной средней прибыли. Данные находятся на листе *Sim* в файле *Valentine.xlsx*. (На рис. 73.4 показана версия с листа *Frozen*.) Имена в ячейках *B1:B11* присвоены ячейкам *C1:C11*. Диапазону ячеек *G3:H6* присвоено имя *Lookup*. В ячейки *C4:C6* введена продажная цена и затраты.

	В	С	Г	Н
1	произведено	40000		
2	случайное_число	0,91964647		
3	спрос	60000	0	10000
4	себестоимость_открытки	\$ 1,50	0,1	20000
5	цена_открытки	\$ 4,00	0,45	40000
6	затраты_на_ликвидацию_открытки	\$ 0,20	0,75	69000
7				
8	выручка	\$160 000,00		
9	общ_переменные_затраты	\$ 60 000,00		
10	общ_затраты_на_ликвидацию	\$ -		
11	прибыль	\$100 000,00		

Рис. 73.4. Моделирование для производства открыток ко Дню святого Валентина

Введите в ячейку *C1* пробный объем производства (40 000 в этом примере). В ячейке *C2* с помощью формулы `=СЛЧИС()` создайте случайное число. Как было описано ранее, спрос на открытки можно смоделировать в ячейке *C3* по формуле `=ВПР(случайное_число;Lookup;2)`. (В этой формуле *случайное\_число* — имя, присвоенное ячейке *C2*.)

Количество проданных единиц продукции меньше, чем объем производства и спрос. В ячейке *C8* вычислите выручку по формуле `=МИН(произведено;спрос)*цена_открытки`. В ячейке *C9* вычислите общие переменные затраты по формуле `=произведено*себестоимость_открытки`.

Если открыток произведено больше, чем требуется, количество непроданных открыток равно `произведено - спрос`; в противном случае непроданных открыток не останется. В ячейке *C10* по формуле `=затраты_на_ликвидацию_открытки*ЕСЛИ(произведено>спрос;произведено-спрос;0)` вычисляются затраты на ликвидацию. Наконец, в ячейке *C11* вычислите прибыль как `выручка - общ_переменные_затраты - общ_затраты_на_ликвидацию`.

Не помешал бы эффективный способ нажатия клавиши `<F9>` множество раз (например, тысячу раз) для каждого объема производства, а также подсчета ожидае-

мой прибыли для каждого объема. В этой ситуации на помощь приходит таблица данных с двумя входами. (Для получения дополнительной информации о таблицах данных см. главу 16.) Таблица данных для этого примера представлена на рис. 73.5.

	A	B	C	D	E	F
13	среднее	25000	45506	58042	43614	
14	станд.откл.	0	12989,25266	47856	72526,3	
15	16000	10000	20000	40000	69000	объем производства
16	1	25000	50000	-26000	-18000	
17	2	25000	50000	-26000	150000	
18	3	25000	8000	16000	-18000	
19	4	25000	8000	100000	-18000	
20	5	25000	50000	100000	66000	
21	6	25000	50000	100000	66000	
22	7	25000	50000	100000	150000	
23	8	25000	50000	16000	-18000	
24	9	25000	50000	16000	66000	
25	10	25000	50000	100000	-60000	
26	11	25000	50000	16000	-18000	
27	12	25000	50000	100000	-18000	
28	13	25000	50000	16000	66000	
29	14	25000	50000	-26000	-18000	
30	15	25000	50000	-26000	66000	
31	16	25000	50000	16000	-18000	
32	17	25000	50000	16000	66000	
33	18	25000	8000	100000	-60000	
34	19	25000	50000	100000	-18000	
35	20	25000	50000	16000	66000	
36	21	25000	8000	16000	-18000	

Рис. 73.5. Таблица данных с двумя входами для моделирования примера с поздравительными открытками

В ячейках A16:A1015 введите номера от 1 до 1000 (соответствующие тысяче испытаний). Для этого введите 1 в ячейку A16. Затем выделите ячейку и на вкладке **ГЛАВНАЯ** (HOME) в группе **Редактирование** (Editing) откройте список **Заполнить** (Fill) и выберите **Прогрессия** (Series). В открывшемся диалоговом окне **Прогрессия** (Series), показанном на рис. 73.6, укажите для шага значение 1, а для предельного значения — 1000. Установите переключатель **Расположение** (Series In) в положение **по столбцам** (Columns) и нажмите кнопку **ОК**. В столбец A, начиная с ячейки A16, будут введены числа от 1 до 1000.

Введите в ячейки B15:E15 возможные объемы производства (10 000, 20 000, 40 000, 69 000). Для каждого номера испытаний (от 1 до 1000) и каждого объема производства необходимо вычислить прибыль. Укажите ссылку на формулу для прибыли (вычисляемую в ячейке C11) в левой верхней ячейке таблицы данных (A15) путем ввода =C11.

Теперь можно запустить в Excel моделирование тысячи испытаний для спроса при каждом объеме производства. Выделите таблицу (A15:E1015) и затем на вкладке **ДААННЫЕ** (DATA) в группе **Работа с данными** (Data Tools) в списке **Анализ "что если"** (What If Analysis) выберите **Таблица данных** (Data Table). Установите таб-

лицу с двумя входами, выбрав объем производства (ячейку C1) в поле **Подставлять значения по столбцам в** (row input cell) и любую пустую ячейку (здесь выбрана ячейка I14) в поле **Подставлять значения по строкам в** (column input cell). Теперь нажмите кнопку **ОК** для моделирования в Excel одной тысячи значений спроса для каждого объема производства.

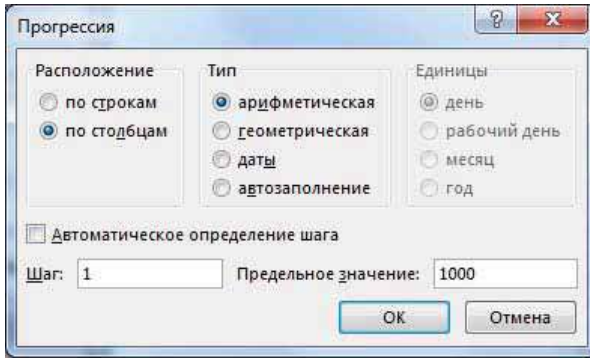


Рис. 73.6. Диалоговое окно **Прогрессия** для ввода номеров испытаний от 1 до 1000

Для того чтобы понять, как это работает, рассмотрим значения, помещенные с помощью таблицы данных в ячейки C16:C1015. Для каждой из этих ячеек при подстановке по столбцам используется значение 20 000 из ячейки C1. Для ячейки C16 при подстановке по строкам в пустую ячейку помещается значение 1, и случайное число в ячейке C2 пересчитывается. Затем в ячейку C16 записывается соответствующая прибыль. Далее для подстановки по строкам в пустую ячейку записывается значение 2, и случайное число в ячейке C2 пересчитывается еще раз. Соответствующая прибыль записывается в ячейку C17.

Скопировав формулу =СРЗНАЧ(B16:B1015) из ячейки B13 в C13:E13, можно вычислить среднюю смоделированную прибыль для каждого объема производства.

Скопировав формулу =СТАНДОТКЛОН(B16:B1015) из ячейки B14 в C14:E14, можно вычислить стандартное отклонение смоделированной прибыли для каждого объема производства. Каждый раз при нажатии клавиши <F9> для каждого объема производства моделируется одна тысяча значений спроса. Для объема производства в размере 40 000 открыток всегда в результате получается самая высокая ожидаемая прибыль, поэтому такой объем производства, по-видимому, является правильным решением.

## Влияние риска на решение

Если произвести 20 000 открыток вместо 40 000, ожидаемая прибыль снизится примерно на 22%, но риск (судя по стандартному отклонению прибыли) снизится почти на 73%. Следовательно, при общем нерасположении к риску правильным решением может оказаться производство открыток в объеме 20 000 штук. Между прочим, производство открыток в объеме 10 000 штук всегда имеет стандартное отклонение 0, поскольку 10 000 открыток будут проданы в любом случае, без каких-либо остатков.

**ПРИМЕЧАНИЕ**

В этой книге для выполнения вычислений установлен параметр **Автоматически, кроме таблиц данных** (Automatic Except For Tables). Он устанавливается на вкладке **ФОРМУЛЫ** (FORMULAS) в группе **Вычисление** (Calculation) в списке **Параметры вычислений** (Calculation). Этот параметр допускает перерасчет таблиц данных только при нажатии клавиши <F9>, что целесообразно, поскольку при вводе какой-либо информации на лист перерасчет больших таблиц данных замедляет работу. Обратите внимание, что в этом примере при каждом нажатии клавиши <F9> средняя прибыль изменяется. Это происходит потому, что при каждом нажатии клавиши <F9> значения спроса для каждого объема производства генерируются с помощью другой последовательности из тысячи случайных чисел.

**Доверительный интервал для средней прибыли**

В такой ситуации естественно задать вопрос: в какой интервал с вероятностью 95% попадает истинная средняя прибыль? Этот интервал называется *95%-ным доверительным интервалом для средней прибыли*. 95%-ный доверительный интервал для среднего значения любого конечного результата моделирования вычисляется по следующей формуле:

$$\text{средняя\_прибыль} \pm \frac{1,96 \cdot \text{стандартное\_отклонение\_прибыли}}{\sqrt{\text{число\_итераций}}}$$

В ячейке J11 по формуле =D13-1,96\*D14/КОРЕНЬ(1000) вычисляется нижний предел 95%-ного доверительного интервала для средней прибыли при производстве 40 000 открыток. В ячейке J12 вычисляется верхний предел 95%-ного доверительного интервала по формуле =D13+1,96\*D14/КОРЕНЬ(1000). Результаты вычислений показаны на рис. 73.7.

	I	J	K	L	M
9	<b>95% доверительный интервал для средней прибыли</b>				
10	<b>при производстве 40 000 открыток</b>				
11	<b>нижний предел</b>	<b>55075,9</b>			
12	<b>верхний предел</b>	<b>61008,1</b>			

Рис. 73.7. 95%-ный доверительный интервал для средней прибыли при производстве 40 000 открыток

С вероятностью 95% при производстве открыток в объеме 40 000 штук средняя прибыль составит от 55 076 до 61 008 долларов.

**Задания**

1. Автодилер считает, что спрос на модели 2015 г. распределяется по нормальному закону со средним значением 200 и стандартным отклонением 30. Он получает Envoy за 25 000 долларов и продает за 40 000 долларов. Половину автомобилей, не проданных по полной цене, можно продать по 30 000 долларов. Дилер рассматривает варианты заказа на 200, 220, 240, 269, 280 или 300 штук. Сколько автомобилей он должен заказать?



2. Небольшой супермаркет пытается определить, сколько экземпляров журнала "People" необходимо заказывать каждую неделю. Владелец считает, что спрос на журнал соответствует дискретной случайной величине, представленной в табл. 73.4.

**Таблица 73.4**

<b>Спрос</b>	<b>Вероятность</b>
15	0,10
20	0,20
25	0,30
30	0,25
35	0,15

Супермаркет платит за каждый экземпляр журнала 1,00 доллар и продает его за 1,95. Каждый непроданный экземпляр может быть возвращен за 0,50 доллара. Сколько экземпляров журнала еженедельно должен заказывать магазин?

# Вычисление оптимальной цены предложения

### Обсуждаемые вопросы

- ◆ Как моделируют случайную величину с биномиальным распределением?
- ◆ Как определить, должна ли непрерывная случайная величина моделироваться как нормальная случайная величина?
- ◆ Как с помощью моделирования определить оптимальную цену предложения для проекта строительства?

При определении цены в борьбе с конкурентами за проект двумя основными источниками неопределенности являются количество конкурентов и цены, предлагаемые каждым конкурентом. При высокой цене предложения можно заработать на проекте много денег, но самих проектов будет мало. При низкой цене предложения проектов будет немало, но денег каждый из них принесет немного. Оптимальная цена предложения находится где-то посередине. Удобным инструментом для определения цены предложения, максимально увеличивающей ожидаемую прибыль, является моделирование по методу Монте-Карло.

### Ответы на вопросы

---

В этом разделе приведены ответы на вопросы, перечисленные в начале главы.

#### Как моделируют случайную величину с биномиальным распределением?

Количество благоприятных исходов в  $n$  независимых испытаниях, каждое из которых имеет вероятность благоприятного исхода, равную  $p$ , моделируется с помощью формулы `=БИНОМ.ОБР (n; p; СЛЧИС ())`. Как было сказано в *главе 73*, функция `СЛЧИС (RAND)` генерирует число, с равной вероятностью принимающее любое значение от 0 до 1. В файле `Vinomialsim.xlsx` (рис. 74.1) показано, что при нажатии клавиши `<F9>` формула `=БИНОМ.ОБР (100; 0, 9; D3)`, введенная в ячейку `C3`, моделирует число штрафных бросков, выполняемых Стивом Нэшем (с вероятностью 90% забивающим штрафные в НБА) в 100 попытках. В ячейке `C4` по формуле `=БИНОМ.ОБР (100; 0, 5; D4)` моделируется количество выпавших орлов при подбрасывании правильной монеты 100 раз. В ячейке `C5` по формуле `=БИНОМ.ОБР (3; 0, 4; D5)` моделируется количество конкурентов, появившихся на рынке в течение года, при трех возможных участниках рынка и 40%-ном шансе для каждого конкурента выйти на рынок. Безусловно, в ячейки `D3:D5` введена формула `=СЛЧИС ()`.

	В	С	Д	Е
2			Случайное число	
3	Число штрафных бросков Стива Нэша из 100	96	0,984165	
4	Число орлов при подбрасывании монеты 100 раз	50	0,484458	
5	Количество конкурентов на рынке; $p = 4$ $n = 3$	1	0,355209	

Рис. 74.1. Моделирование случайной величины с биномиальным распределением

### Как определить, должна ли непрерывная случайная величина моделироваться как нормальная случайная величина?

Предположим, что наиболее вероятная цена предложения конкурента составляет 50 000 долларов. Напомним, что кривая плотности нормального распределения вероятностей является симметричной относительно среднего значения. Следовательно, для определения возможности применения нормальной случайной величины в моделировании цены предложения конкурента необходимо проверить симметрию относительно среднего значения цены предложения. Если цена предложения конкурента проявляет симметрию относительно среднего значения 50 000 долларов, цены предложения 40 000 и 60 000, 45 000 и 55 000, и т. д., должны быть приблизительно одинаково вероятны. Если предположение о симметрии кажется логичным, то цену предложения каждого конкурента можно смоделировать как нормальную случайную величину со средним значением 50 000 долларов.

Как оценить стандартное отклонение цены предложения каждого конкурента? Напомним, что согласно эмпирическому правилу из главы 42, наборы данных с симметричными гистограммами имеют примерно 95% данных в пределах двух стандартных отклонений от среднего значения. Аналогично, нормальная случайная величина с вероятностью 95% находится в пределах двух стандартных отклонений от своего среднего значения. Предположим, что с вероятностью 95% цена предложения конкурента составляет от 30 000 до 70 000 долларов. Это означает, что  $2 \times$  (стандартное отклонение цены предложения конкурента) равно 20 000 долларов или стандартное отклонение цены предложения конкурента равно 10 000 долларов.

Если предположение о симметрии логично, цену предложения конкурента можно теперь моделировать с помощью формулы =НОРМ.ОБР(СЛЧИС(); 50000; 10000). (Дополнительную информацию о моделировании нормальных случайных величин с помощью функции НОРМ.ОБР см. в главе 73.)

### Как с помощью моделирования определить оптимальную цену предложения для проекта строительства?

Предположим, что вы участвуете в тендере на проект строительства, который будет стоить вам 25 000 долларов. Подготовка предложения на получение подряда стоит 1000 долларов. У вас имеется шесть потенциальных конкурентов, и вы подсчитали, что с вероятностью 50% каждый конкурент примет участие в тендере на проект.

Если конкурент подает предложение, то цена его предложения следует закону нормального распределения со средним значением 50 000 долларов и стандартным отклонением 10 000 долларов. Предположим также, что вы подготавливаете предложения только с ценой, кратной 5000 долларов. Какова должна быть цена вашего предложения для получения максимальной ожидаемой прибыли? Напомним, что выигрывает самая низкая цена предложения! Данные к этой задаче находятся в файле Bidsim.xlsx (рис. 74.2 и 74.3).

	D	E	F	G	H
1	стоимость проекта	25000			
2	стоимость предложения	1000	случайное число		
3	количество предложений	3	0,633253		
4	мое предложение	40000			
5					
6					
7					
8	Номер конкурента	Участие	Предложение	случайное число	
9		1 да	47976,61	0,419826	
10		2 да	55099,54	0,694958	
11		3 да	44049,77	0,275914	
12		4 нет	100000	0,262327	
13		5 нет	100000	0,038515	
14		6 нет	100000	0,585372	
15					
16	Я выиграл?				
17	да				
18	Прибыль				
19		14000			

Рис. 74.2. Модель цены предложения

	D	E	F	G	H	I	J	K
21	среднее	3630	7290	8240	5680	3175	2120	225
22	14000	30000	35000	40000	45000	50000	55000	60000
23	1	4000	9000	-1000	19000	-1000	-1000	-1000
24	2	4000	9000	-1000	19000	-1000	-1000	-1000
25	3	-1000	9000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000
26	4	4000	9000	14000	-1000	24000	-1000	-1000
27	5	4000	9000	14000	19000	-1000	-1000	-1000
28	6	4000	-1000	-1000	-1000	24000	-1000	-1000
29	7	4000	9000	14000	-1000	-1000	-1000	-1000
30	8	4000	9000	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000
31	9	4000	9000	14000	-1000	-1000	-1000	-1000
32	10	4000	9000	-1000	19000	24000	-1000	-1000
33	11	4000	9000	14000	-1000	-1000	-1000	-1000
34	12	4000	-1000	-1000	-1000	-1000	29000	-1000
35	13	4000	9000	-1000	-1000	24000	-1000	-1000
36	14	4000	9000	14000	-1000	-1000	-1000	-1000
37	15	4000	9000	14000	-1000	24000	-1000	-1000
38	16	4000	-1000	14000	-1000	-1000	-1000	-1000
39	17	4000	9000	14000	-1000	-1000	-1000	34000
40	18	4000	9000	14000	-1000	-1000	-1000	-1000
41	19	4000	9000	14000	-1000	24000	-1000	-1000
42	20	4000	9000	14000	-1000	-1000	-1000	-1000

Рис. 74.3. Таблица данных для моделирования цены предложения

Ваша стратегия должна быть следующей.

- ◆ Сгенерируйте количество конкурентов.
- ◆ Для каждого потенциального конкурента, который действительно подает предложение, смоделируйте предложение с помощью нормальной случайной величины. Если потенциальный конкурент не подает предложение, назначьте для него большую цену предложения (например, 100 000 долларов), которая обеспечит ему поражение.
- ◆ Определите, является ли цена вашего предложения самой низкой.
- ◆ Если вы предлагаете самую низкую цену, то получите прибыль, равную предложению минус стоимость проекта минус 1000 долларов (стоимость подачи предложения). Если цена вашего предложения не самая низкая, то вы теряете 1000 долларов — стоимость подачи предложения.
- ◆ Для моделирования каждой возможной цены предложения (например, 30 000, 35 000, ..., 60 000 долларов) тысячу раз используйте таблицу данных с двумя входами и затем выберите цену предложения с наибольшей ожидаемой прибылью.

Сначала присвойте имена из ячеек D1:D4 ячейкам E1:E4. Определите в ячейке E3 количество предложений по формуле =БИНОМ.ОБР(6;0,5;F3). Ячейка F3 содержит формулу =СЛЧИС(). Определите, какой из потенциальных конкурентов действительно подает предложение путем копирования формулы =ЕСЛИ (D9<=количество\_предложений;"да"; "нет") из E9 в E10:E14.

Сгенерируйте предложение для каждого конкурента (конкурентам, не подающим предложение, назначьте цену предложения 100 000 долларов) путем копирования формулы =ЕСЛИ (E9="да";НОРМ.ОБР (G9;50000;10000);100000) из ячейки F9 в F10:F14. Каждая ячейка в диапазоне G9:G14 содержит функцию СЛЧИС. В ячейке D17 определите, является ли ваше предложение предложением с наименьшей ценой, выигравшим проект, по формуле =ЕСЛИ (мое\_предложение<=МИН (F9:F14) ; "да"; "нет"). В ячейке D19 вычислите прибыль по формуле =ЕСЛИ (D17= "да"; мое\_предложение-стоимость\_проекта-стоимость\_предложения; -стоимость\_предложения), показывающую, что в случае выигрыша тендера вы получаете сумму предложения и оплачиваете расходы на проект.

Теперь с помощью таблицы с двумя входами (см. рис. 74.3) можно смоделировать по одной тысяче предложений от 30 000 до 60 000 долларов. Скопируйте прибыль в ячейку D22 с помощью формулы =D19. Выделите таблицу D22:K1022. На вкладке **ДАННЫЕ** (DATA) в группе **Работа с данными** (Data Tools) в списке **Анализ "что если"** (What If Analysis) выберите **Таблица данных** (Data Table) и укажите входные значения для таблицы данных. Укажите любую пустую ячейку в поле **Подставлять значения по строкам в** (column input cell). А в поле **Подставлять значения по столбцам в** (row input cell) укажите ячейку E4 (местоположение вашего предложения). В диалоговом окне **Таблица данных** (Data Table) нажмите кнопку **ОК**, и прибыль для каждого предложения будет смоделирована тысячу раз.

Вычислите среднюю прибыль для каждого предложения с помощью формулы =СРЗНАЧ (E23:E1022), скопированной из ячейки E21 в ячейки F21:K21. Каждый раз при

нажатии клавиши <F9> средняя прибыль для тысячи испытаний максимальна для цены предложения 40 000 долларов.

## Задания

1. Как изменится оптимальная цена предложения при наличии 12 потенциальных конкурентов?
2. Предположим, что вы предлагаете цену за нефтяную скважину, которая, по вашей оценке, должна принести 40 млн долларов (включая стоимость разработки и добычи нефти). В торгах участвуют еще три конкурента, и предложение каждого конкурента предположительно соответствует закону нормального распределения со средним значением 30 млн долларов и стандартным отклонением 4 млн долларов. Какое предложение вы должны сделать (с точностью до 1 млн долларов)?
3. Широко применяемая непрерывная случайная величина является случайной величиной, имеющей равномерное распределение. Случайная величина с равномерным распределением — записываемая как  $U(a, b)$  — с равной вероятностью может принимать любое значение между двумя заданными числами:  $a$  и  $b$ . Объясните, почему формулу  $=a+(b-a)*\text{СЛЧИС}()$  можно применять для моделирования  $U(a, b)$ .
4. Инвестор Питер Фишер предлагает цену за биотехническую компанию. Компания с равной вероятностью может стоить от 0 до 200 долларов за акцию. Только сама компания знает свою истинную стоимость. Питер настолько известный инвестор, что рынок немедленно оценит стоимость компании на 50% больше ее истинной стоимости. Какую цену должен предложить Питер за акцию компании?
5. Ичиро Сузуки (Ichiro Suzuki), игрок бейсбольной команды Seattle Mariners, приглашен на арбитраж по повышению своей зарплаты. Процедура арбитража в Высшей бейсбольной лиге проходит следующим образом: игрок представляет на рассмотрение размер зарплаты, которую, по его мнению, ему должны платить, то же самое делает команда. Арбитр (не видя размера зарплат, представленных игроком или командой) оценивает истинную зарплату. Игрок получает ту из предложенных зарплат, которая ближе к оценке арбитра. Например, предположим, что Ичиро представил на рассмотрение зарплату в 12 млн долларов, а команда Seattle Mariners — 7 млн долларов. Если арбитр скажет, что истинная зарплата равно 10 млн долларов, Ичиро получит свои 12 миллионов, тогда как, если арбитр скажет, что истинная зарплата равна 9 млн долларов, Ичиро получит только 7 миллионов. Предположим, что оценка арбитра с равной вероятностью находится где-то между 8 и 11 млн долларов, а предложение команды с равной вероятностью составляет от 6 до 9 млн долларов. Какую зарплату должен предложить Ичиро с точностью до 1 млн долларов?



# Моделирование цен на акции и распределения средств между активами

### Обсуждаемые вопросы

- ◆ Я недавно купил 100 акций компании GE. Какова вероятность того, что в течение следующего года эта инвестиция принесет доход более 10%?
- ◆ Я пытаюсь распределить мой инвестиционный портфель между акциями, казначейскими векселями и облигациями. Какое распределение средств между активами в рамках пятилетнего горизонта планирования принесет ожидаемый доход не менее 10% и минимизирует риск?

Последние несколько лет показали, что будущие доходы от инвестиций являются весьма неопределенными. В *главе 72* рассказано, как моделировать цены на акции с помощью логарифмически нормальной случайной величины. Многие финансовые эксперты критикуют использование логарифмически нормальной случайной величины для моделирования цен на акции, поскольку логарифмически нормальное распределение недооценивает вероятность экстремальных событий (которые часто называют "черными лебедями"). В этой главе рассматривается относительно простой подход к оценке неопределенности будущих доходов от инвестиций. Этот подход основан на идее бутстреппинга. По существу, идея бутстреппинга при моделировании будущих доходов от инвестиций состоит в предположении, что будущее подобно прошлому. Например, если необходимо смоделировать цену акции GE через год, можно предположить, что ежемесячное относительное изменение цены — это с равной вероятностью относительное изменение цены в один из предыдущих 60 месяцев. Этот метод позволяет быстро сгенерировать тысячи сценариев для будущей стоимости инвестиций. Кроме того, в сценариях, предполагающих, что будущие изменчивость и среднее значение доходов подобны прошлым, можно легко отразить мнение о том, что будущие доходы от инвестиций будут меньше или больше, чем в недавнем прошлом.

В Microsoft Excel 2013 после создания будущих сценариев для доходов от инвестиций можно без проблем с помощью инструмента **Поиск решения** (Solver) решить задачу распределения средств между активами, а именно, как следует распределить средства для достижения ожидаемого уровня доходности с минимальным риском?

Простота и мощь бутстреппинга демонстрируются на следующих двух примерах.



## Ответы на вопросы

В этом разделе приведены ответы на вопросы, перечисленные в начале главы.

**Я недавно купил 100 акций компании GE. Какова вероятность того, что в течение следующего года эта инвестиция принесет доход более 10%?**

Предположим, что акции GE в настоящее время продаются по 28,50 долларов за акцию. Данные о ежемесячных доходах по акции GE (а также по акции Microsoft и Intel) для периода времени с августа 1997 г. по июль 2002 г. находятся в файле Gesim.xlsx (рис. 75.1). Например, в месяце, заканчивающемся 2 августа 2002 г. (по существу, это июль 2002 г.), акция GE потеряла в цене 12,1%. Эти доходы включают дивиденды (если таковые имеются), выплачиваемые каждой компанией.

	C	D	E	F
3	среднее	0,014746	0,006237	0,008828
4		Microsoft	Intel	GE
5	02.08.2002	-0,08316	-0,15397	-0,12112
6	02.07.2002	-0,12285	0,028493	0,108434
7	02.06.2002	0,074445	-0,33853	-0,06139
8	02.05.2002	-0,02583	-0,03464	-0,01276
9	02.04.2002	-0,13348	-0,05894	-0,15658
10	02.03.2002	0,033768	0,064867	-0,02849
11	02.02.2002	-0,08429	-0,18514	0,041088
12	02.01.2002	-0,03834	0,114295	-0,07314
13	01.12.2001	0,031771	-0,03709	0,045898
14	01.11.2001	0,104213	0,337433	0,057167
15	01.10.2001	0,136408	0,194417	-0,02102
16	01.09.2001	-0,10307	-0,26889	-0,08653
17	01.08.2001	-0,13809	-0,06181	-0,05957
18	01.07.2001	-0,09329	0,019172	-0,10944
19	01.06.2001	0,055218	0,082654	0
20	01.05.2001	0,021107	-0,12601	0,009701
21	01.04.2001	0,238801	0,174658	0,159413
22	01.03.2001	-0,07305	-0,07886	-0,09653
23	01.02.2001	-0,03374	-0,22808	0,011168

Рис. 75.1. Данные по акциям GE, Microsoft и Intel

Цена на акцию GE через год не определена. Так каким образом можно получить представление о диапазоне изменения цены на акцию GE в течение года, начиная с текущего момента? Бутстреппинг позволяет оценить доход по акции GE для каждого из следующих 12 месяцев на основе предположения о том, что доход в каждом месяце с одинаковой вероятностью может быть равен доходу в любом из перечисленных 60 месяцев. Другими словами, доход по акции GE в следующем месяце с одинаковой вероятностью равен любому числу из диапазона ячеек F5:F64. Для реализации этой идеи выберите сценарий для каждого из 12 следующих месяцев с помощью формулы =СЛУЧМЕЖДУ(1;60). Например, если функция СЛУЧМЕЖДУ (RANDBETWEEN) возвратит значение 7 для следующего месяца, возьмите в качестве дохода для следующего месяца доход по акции GE в ячейке F11 (4,1%), которая является седьмой ячейкой в диапазоне. Результаты представлены на рис. 75.2. (В файле вы увидите

другие значения, поскольку при открытии листа функция СЛУЧМЕЖДУ (RANDBETWEEN) автоматически пересчитывает случайные числа.)

Сначала введите текущую цену акции GE (28,50 долларов) в ячейку J6. Затем создайте сценарии для каждого из следующих 12 месяцев путем копирования формулы =СЛУЧМЕЖДУ(1;60) из K6 в K7:K17. Получите доход по акции GE на основе сценария с помощью таблицы поиска. Для этого просто скопируйте формулу =ВПР(K6;lookup;5) из L6 в L7:L17. Как видно из формулы, диапазон B5:F64 называется lookup, а доходы по акции GE указаны в пятом столбце диапазона поиска. В сценариях, показанных на рис. 75.2, можно видеть, например, что доход по акции GE через шесть месяцев будет равен доходу в точке данных 1/12/2001, т. е. 4,6%. (Сравните ячейку L11 на рис. 75.2 с ячейкой F13 на рис. 75.1.)

	I	J	K	L	M
3					
4	GE				
5	Месяц	Начальная цена	Сценарий	Доход	Конечная цена
6	1	28,5	23	-0,052040634	27,01684193
7	2	27,01684193	60	0,088162457	29,3987131
8	3	29,3987131	43	-0,043722304	28,11333362
9	4	28,11333362	26	-0,024746687	27,41762176
10	5	27,41762176	32	-0,133960753	23,7447365
11	6	23,7447365	9	0,04589818	24,83457669
12	7	24,83457669	5	-0,156577885	20,9460312
13	8	20,9460312	38	-0,035371538	20,20513786
14	9	20,20513786	8	-0,073139975	18,72733458
15	10	18,72733458	13	-0,05956848	17,61177573
16	11	17,61177573	43	-0,043722304	16,84174831
17	12	16,84174831	25	0,134065934	19,09965303

Рис. 75.2. Моделирование цены акции GE через год

Для определения цены акции GE в конце каждого месяца скопируйте формулу =(1+L6)\*J6 из M6 в M7:M17. Эта формула имеет вид (1 + доход за месяц) × (начальная цена GE). Наконец, по формуле =M6, скопированной из J7 в J8:J17, вычислите начальную цену акции для каждого месяца как равную цене акции в конце предыдущего месяца.

Теперь с помощью таблицы данных можно сгенерировать тысячу сценариев для цены акции GE через год и годовой доход от инвестиций в процентах. Таблица данных представлена на рис. 75.3. В ячейку J19 скопирована конечная цена по формуле =M17. В ячейку K19 введена формула =(M17-\$J\$6)/\$J\$6 для расчета годового дохода в виде (конечная\_цена\_акции\_GE – начальная\_цена\_акции\_GE)/начальная\_цена\_акции\_GE.

Далее выделите таблицу (J19:K1019), на вкладке ДАННЫЕ (DATA) в группе Работа с данными (Data Tools) в списке Анализ "что если" (What If Analysis) выберите Таблица данных (Data Table). Задайте таблицу данных с одним входом, указав любую пустую ячейку в поле Подставлять значения по строкам в (column input cell). После нажатия кнопки ОК в диалоговом окне Таблица данных (Data Table)

автоматически будет сгенерирована одна тысяча сценариев для цены акции GE через год. (Для этого листа на вкладке **ФОРМУЛЫ** (FORMULAS) должен быть установлен параметр вычисления **Автоматически, кроме таблиц данных** (Automatic Except For Tables). Для изменения смоделированных цен необходимо нажать клавишу <F9>.)

	J	K	L	M
18	Конечная цена	Конечный доход		
19	19,09965303	-0,329836736	Среднее	0,106679
20	23,7177891	-0,167796874	Вероятность потерять деньги	0,403
21	25,83890853	-0,093371631	Вероятность получить >10%	0,451
22	26,30865315	-0,076889363	Получить от 0 до 10%	0,146
23	28,69285265	0,00676676	Потерять от 0 до 10%	0,121
24	26,58257102	-0,06727821	Потерять > 10%	0,282
25	51,05500213	0,791403584		
26	18,73843743	-0,342510967		
27	24,47603424	-0,141191781		
28	48,09680934	0,687607345		
29	37,29354183	0,308545327		
30	20,47674278	-0,281517797		
31	32,34951252	0,135070615		
32	24,45465086	-0,141942075		
33	36,82870922	0,292235411		
34	25,43602063	-0,107508048		
35	35,91014685	0,260005153		
36	20,41424441	-0,283710722		
37	49,69626383	0,743728555		

Рис. 75.3. Таблица данных для моделирования цены акции GE

В ячейках M20:M24 с помощью функции СЧЁТЕСЛИ (COUNTIF) (см. главу 19) подведите итоги по доходам, которые могут иметь место через год. Например, в ячейке M20 вычислите вероятность потерять деньги через год по формуле =СЧЁТЕСЛИ(returns;"<0")/1000. (returns — это имя диапазона, содержащего тысячу смоделированных доходов.) Результаты моделирования на основе данных за 1997—2002 гг. показывают, что вероятность потери денег в следующем году от инвестиции в акции GE составляет 40%. Остальные результаты показывают, что:

- ◆ доход превысит 10% с вероятностью 45%;
- ◆ доход составит от 0 до 10% с вероятностью 15%;
- ◆ потери от инвестиций составят от 0 до 10% с вероятностью 12%;
- ◆ потери от инвестиций составят более 10% с вероятностью 28%;
- ◆ средний доход в следующем году составит приблизительно 10,7%.

Многие эксперты считают, что в будущем доходность акций окажется не такой высокой, как в недавнем прошлом. Предположим, вы считаете, что в следующем году GE будет в среднем на 5% менее эффективна, чем в период 1997—2002 гг., для которого имеются исторические данные. Это предположение можно быстро включить в модель путем изменения формулы конечной цены для акции GE в ячейке M17 на

формулу  $= (1+L17) * J17 - 0,05 * J6$ . По этой формуле конечная цена акции GE просто уменьшается на 5% от цены в начале года, что снижает доход в следующем году на 5%. Эти результаты показаны в файле Gesimless5.xlsx и на рис. 75.4.

Обратите внимание, что теперь вероятность падения цены акции GE в следующем году составляет 49%. Средняя цена акции ниже не на 5% ровно по сравнению с предыдущим моделированием, поскольку каждый раз при выполнении тысячи итераций смоделированные значения изменяются.

	L	M
19	Среднее	0,056828
20	Вероятность потерять деньги	0,487
21	Вероятность получить > 10%	0,39
22	Получить от 0 до 10%	0,123
23	Потерять от 0 до 10%	0,14
24	Потерять > 10%	0,347

Рис. 75.4. Пессимистический взгляд на будущее

**Я пытаюсь распределить мой инвестиционный портфель между акциями, казначейскими векселями и облигациями. Какое распределение средств между активами в рамках пятилетнего горизонта планирования принесет ожидаемый доход не менее 10% и минимизирует риск?**

Ключевым решением, принимаемым отдельными лицами, менеджерами открытых фондов и другими инвесторами, является распределение средств между различными классами активов с учетом будущей неопределенности доходов для этих классов активов. Разумный подход к распределению средств между активами состоит в применении бутстреппинга при генерации одной тысячи смоделированных значений для будущих стоимостей каждого класса активов и в последующем применении инструмента Excel **Поиск решения** (Solver) для определения распределения средств между активами, приносящего ожидаемый доход с минимальным риском.

Пусть для примера даны годовые доходы по акциям, казначейским векселям и облигациям в период с 1973 по 2012 гг. Вы инвестируете в рамках пятилетнего горизонта планирования и на основе исторических данных хотите узнать, какое распределение средств между активами дает ожидаемый годовой доход не менее 10% с минимальным риском (если судить по стандартному отклонению). Эти данные находятся в файле Assetallsim.xlsx (рис. 75.5). (Показана только часть данных.)

Сначала с помощью бутстреппинга сгенерируйте одну тысячу смоделированных цен для акций, казначейских векселей и облигаций через пять лет. Предположим, что для каждого класса активов текущая цена равна 1 доллар (рис. 75.6).

Для каждого класса активов введите начальную цену 1 доллар в ячейки H10:J10. Затем, скопировав формулу  $=\text{СЛУЧМЕЖДУ}(1973;2012)$  из K10 в K11:K14, создайте сценарий для каждого из пяти следующих лет. Например, для представленных данных ближайший год будет похож на 1973, следующий за ним — на 1996 и т. д. По формуле  $=H10 * (1 + \text{ВПР}(\$K10; \text{lookup}; L\$8))$ , скопированной из L10 в L10:N14, для каждого класса

активов генерируется цена на конец года. Например, для акций по этой формуле вычисляется следующее:

$$\begin{aligned} & \text{цена акции на конец года } t = \\ & = (\text{цена акции на начало года } t) \times (1 + \text{доход по акции в год } t). \end{aligned}$$

	A	B	C	D
6		Годовой доход от инвестиций в		
7	Год	акции	векселя	облигации
8	1973	-14,31%	5,07%	3,66%
9	1974	-25,90%	7,45%	1,99%
10	1975	37,00%	7,15%	3,61%
11	1976	23,83%	5,44%	15,98%
12	1977	-6,98%	4,35%	1,29%
13	1978	6,51%	6,07%	-0,78%
14	1979	18,52%	9,08%	0,67%
15	1980	31,74%	12,04%	-2,99%
16	1981	-4,70%	15,49%	8,20%
17	1982	20,42%	10,85%	32,81%
18	1983	22,34%	7,94%	3,20%
19	1984	6,15%	9,00%	13,73%
39	2004	10,88%	8,51%	1,02%
40	2005	4,91%	7,81%	1,20%
41	2006	15,79%	1,19%	2,98%
42	2007	5,49%	9,88%	4,66%
43	2008	-37,00%	25,87%	1,60%
44	2009	26,46%	-14,90%	0,10%
45	2010	14,82%	0,13%	8,46%
46	2011	2,07%	0,03%	16,04%
47	2012	15,83%	0,05%	2,97%

Рис. 75.5. Исторические данные по акциям, казначейским векселям и облигациям

	G	H	I	J	K	L	M	N
8						2	3	4
9	Год	Цена акции	Цена векселя	Цена облигации	Сценарий	Конечная цена акции	Конечная цена векселя	Конечная цена облигации
10	1	1	1	1	1973	0,8569	1,0507	1,0366
11	2	0,8569	1,0507	1,0366	1996	1,061014	1,104706	1,051423
12	3	1,06101	1,104706	1,06646814	1975	1,453589	1,183692	1,08938
13	4	1,45359	1,183692	1,08938	1980	1,914958	1,326209	1,056807
14	5	1,91496	1,326209	1,056807	1989	2,517786	1,433234	1,243757
15		акция 5 лет		вексель 5 лет	облигация 5 лет			
16			2,517786	1,433234	1,243757			
17	1	1,55773242	1,341208583	1,433547816				
18	2	1,46563567	1,513320055	1,368514263				
19	3	1,83888295	1,340027046	1,348048339				
39	23	1,69391631	1,086807233	1,337151132				
40	24	1,34290885	1,084786632	1,869956395				
41	25	1,56318891	1,408872865	1,450320727				
42	26	1,5611624	1,120082667	0,954048776				
43	27	2,02287627	1,441016013	1,483447887				
44	28	1,27765393	1,603231807	1,368716182				
45	29	1,5152309	1,250901369	1,240453039				
46	30	1,75041279	1,258104169	1,44209014				

Рис. 75.6. Моделирование доходов по акциям, казначейским векселям и облигациям на пять лет

Скопируйте формулу =L10 из H11 в H11:J14 для вычисления цены каждого класса активов в начале каждого года.

Теперь с помощью таблицы данных с одним входом можно сгенерировать тысячу сценариев для цен акций, казначейских векселей и облигаций через пять лет. Начните с копирования цены на конец пятого года для каждого класса активов в ячейки I16:K16. Выделите таблицу (H16:K1015), на вкладке **ДАННЫЕ (DATA)** в группе **Работа с данными (Data Tools)** в списке **Анализ "что если" (What If Analysis)** выберите **Таблица данных (Data Table)**. Задайте таблицу данных с одним входом, указав любую пустую ячейку в поле **Подставлять значения по строкам в (column input cell)**. После нажатия кнопки **ОК** в диалоговом окне **Таблица данных (Data Table)** автоматически будет получена одна тысяча смоделированных цен для акций, казначейских векселей и облигаций через пять лет. Важно отметить, что цены акций, казначейских векселей и облигаций при таком подходе к моделированию колеблются не независимо. Для каждого года из пяти лет доходы по акциям, векселям и облигациям всегда выбираются из одного и того же ряда данных. Это позволяет бутстреппингу отразить взаимозависимость доходов по этим классам активов, проявленную в недавнем прошлом. (Конкретные доказательства того, что бутстреппинг должным образом моделирует взаимозависимость между доходами по этим трем классам активов, см. в задании 7 в конце этой главы.)

Все готово для поиска оптимального распределения средств между активами, который и был выполнен в файле *Assetallocationopt.xlsx* (рис. 75.7). Сначала скопируйте тысячу смоделированных стоимостей активов через 5 лет на пустой лист (здесь выбран диапазон ячеек C4:E1003). В ячейки C2:E2 введите пробные доли распределения средств между акциями, векселями и облигациями, соответственно. В ячейке F2 сложите эти доли распределения средств с помощью формулы =СУММ(C2:E2). Далее в модель поиска решения можно добавить ограничение F2=1, которое обеспечит 100%-ное распределение денежных средств по трем классам активов.

	B	C	D	E	F	G	H	I
1		акция	вексель	облигация	всего			
2		0,253438844	0,724962657	0,021598499	1			
3	Итерация	акция 5 лет	вексель 5 лет	облигация 5 лет	окончат.стоим.	годовой доход	среднее	0,08
4	4	1,918188406	1,598110583	1,625573594	1,679823896	0,109309548	станд.отклон.	0,023464
5	2	1,457619793	1,519180769	1,4962329	1,503083187	0,084917222		
6	3	1,813345989	1,367374123	1,552689839	1,484403259	0,082207102		
7	4	0,708187503	1,477711228	1,234324485	1,277427236	0,050188442		
8	5	1,798887433	1,385506552	1,496652177	1,492673903	0,08341037		
9	6	1,471543494	1,270839496	1,074725496	1,317469917	0,056691324		
10	7	2,312032484	1,264263516	1,325709182	1,531136006	0,088936998		
11	8	1,233231497	1,296268756	1,409505667	1,282738413	0,05106027		
12	9	1,714350818	1,15936813	1,314928857	1,303382179	0,05442175		
13	10	1,347236766	1,315434499	0,913432479	1,314811789	0,056264583		
14	11	1,738629072	1,409431323	1,570531073	1,496342333	0,08394237		
15	12	2,142478077	1,336116262	1,67409431	1,547779487	0,091294125		
16	13	2,137394314	1,339045796	1,998643214	1,555624636	0,092398166		
17	14	2,606491979	1,445203825	1,205123125	1,734333969	0,11641727		
18	15	1,387836262	1,483696787	1,115444085	1,451448301	0,077358678		
19	16	1,987706583	1,464623003	1,995725896	1,608663726	0,099747678		
20	17	2,022933931	1,233817823	1,366825104	1,436683255	0,07515779		
21	18	1,774454362	1,405833215	1,528239345	1,501899921	0,084746354		
22	19	1,468210158	1,388638126	1,529586731	1,411849048	0,071414829		

Рис. 75.7. Модель оптимального распределения средств между активами

Далее необходимо определить окончательную стоимость портфеля для каждого сценария. Для этих вычислений подойдет формула вида

$$\begin{aligned} & (\text{окончательная стоимость портфеля}) = (\text{окончательная стоимость акций}) + \\ & + (\text{окончательная стоимость векселей}) + (\text{окончательная стоимость облигаций}). \end{aligned}$$

Для определения окончательного распределения средств между активами скопируйте формулу =СУММПРОИЗВ (C4:E4;\$C\$2:\$E\$2) из ячейки F4 в F5:F1003.

Следующим шагом является определение годового дохода за пятилетний моделируемый период для каждого созданного сценария. Обратите внимание, что  $(1 + \text{годовой доход})^5 = (\text{окончательная стоимость портфеля}) / (\text{начальная стоимость портфеля})$ . Так как начальная стоимость портфеля равна 1 доллару, то годовой доход равен  $(\text{окончательная стоимость портфеля})^{1/5} - 1$ .

Вычислите годовой доход для каждого сценария за пятилетний моделируемый период, скопировав формулу =(F4/1)^(1/5)-1 из ячейки G4 в G5:G1003. Присвоив диапазону G4:G1003 (содержащему смоделированные годовые доходы) имя Returns, вычислите средний годовой доход в ячейке I3 по формуле =СРЗНАЧ (returns) и стандартное отклонение годовых доходов в ячейке I4 по формуле =СТАНДОТКЛОН.В (returns).

Теперь все готово для определения с помощью инструмента **Поиск решения** (Solver) долей распределения, которое принесет ожидаемый годовой доход не менее 8% с минимальным стандартным отклонением годовых доходов. Диалоговое окно **Параметры поиска решения** (Solver Parameters) для выполнения этих вычислений представлено на рис. 75.8.

- ◆ Стандартное отклонение годовой доходности инвестиционного портфеля минимизируется в ячейке I4.
- ◆ Изменяемые ячейки — это доли распределения средств между активами (ячейки C2:E2).
- ◆ Необходимо распределить 100% денежных средств между тремя классами активов (F2=1).
- ◆ Ожидаемый годовой доход должен составить не менее 8% (I3>=0,08).
- ◆ Предполагается, что "короткие" продажи недопустимы, и это моделируется с помощью неотрицательных долей денежных средств в каждом классе активов. Для реализации этого положения установите флажок **Сделать переменные без ограничений неотрицательными** (Make Unconstrained Variables Non-Negative).
- ◆ Получено следующее распределение средств между активами с минимальным риском: 25,3% — акции, 72,5% — векселя и 2,2% — облигации. Такой инвестиционный портфель принесет ожидаемый годовой доход 8% и годовое стандартное отклонение 2,3%.

Предположим, вы считаете, что в ближайшие 5 лет доход по акциям в среднем будет ниже на 5%, чем в предыдущие 30 лет. Такие ожидания можно быстро отразить в модели. (См. задание 4 в конце главы.)

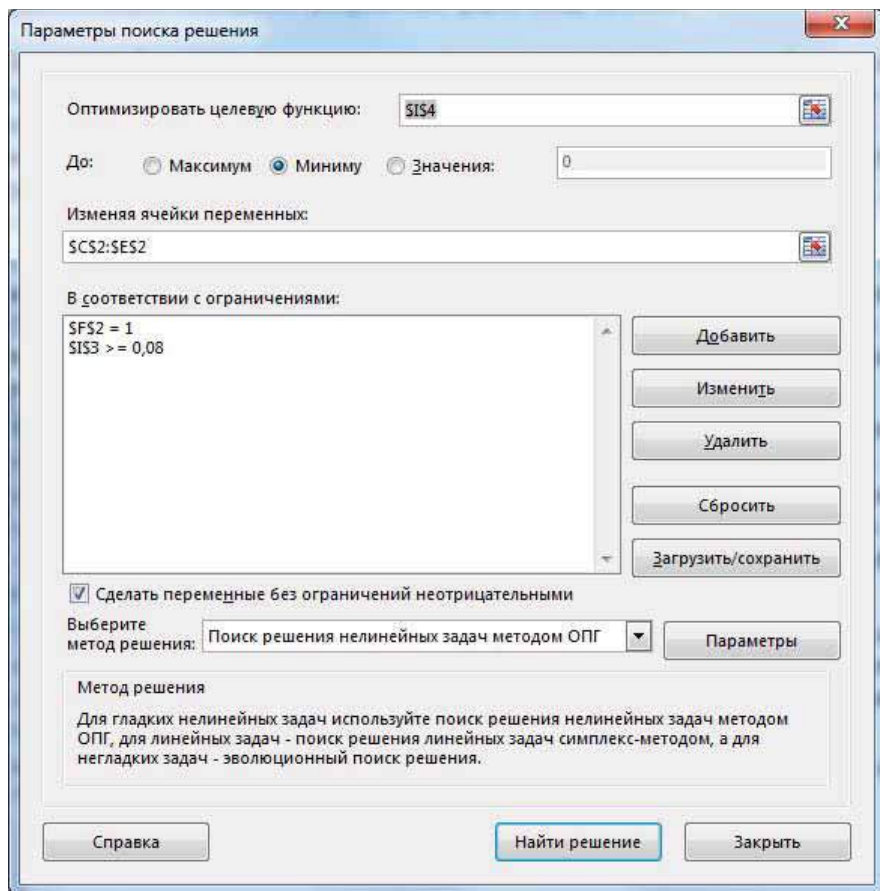


Рис. 75.8. Диалоговое окно **Параметры поиска решения** для моделирования распределения средств между активами

## Задания

Данные к заданиям 1—3 находятся в файле *Gesim.xlsx*.

1. Пусть текущая цена акции Microsoft составляет 28 долларов. Какова вероятность того, что через два года акция Microsoft будет стоить не менее 35 долларов?
2. Выполните задание 1 с предположением, что в течение следующих двух лет доход по акциям Microsoft в среднем будет на 6% в год выше, чем в период с 1997 по 2002 гг., для которого имеются исторические данные.
3. Предположим, что текущая цена акции Intel составляет 20 долларов. Какова вероятность того, что в течение следующих трех лет доход от приобретения акции Intel составит не менее 30% (для трехлетнего периода)?

Данные к заданиям 4—7 находятся в файле *Assetallsim.xlsx*.

4. Вы считаете, что в течение следующих пяти лет акции принесут доход в среднем на 5% в год меньше, чем по данным за 1973—2009 гг. Найдите распределение



средств между акциями, векселями и облигациями, которое принесет ожидаемый годовой доход не менее 6% с минимальным риском.

5. Вы считаете, будто в два раза вероятнее, что доходы от инвестиций для каждого года из следующих пяти лет больше похожи на доходы в период с 1992 по 2001 гг., чем на доходы в период с 1972 по 1991 гг. Например, вероятность того, что следующий год будет похож на 1993 г., в два раза выше, чем вероятность того, что следующий год будет похож на 1980 г. Из-за этой уверенности следует в анализе придать больший вес недавнему прошлому. Как включить это предположение в модель оптимизации портфеля?
6. Многие открытые фонды и инвесторы хеджируют риск падения акций покупкой пут-опционов. (Дополнительную информацию о пут-опционах см. в главе 78.) Как с помощью модели распределения средств между активами определить оптимальную стратегию хеджирования с использованием пут-опционов?
7. Определите взаимосвязь (на основе данных за 1973—2009 гг.) между годовыми доходами по акциям, векселям и облигациям. Затем определите взаимосвязь (на основе тысячи сценариев, созданных с помощью бутстреппинга) между окончательной стоимостью акций, векселей и облигаций. Не кажется ли вам, что подход с использованием бутстреппинга позволяет быстро определить взаимозависимость между доходами по акциям, векселям и облигациям?

# Игры и развлечения: моделирование вероятностей для азартных игр и спортивных соревнований

### Обсуждаемые вопросы

- ◆ Какова вероятность выигрыша в кости?
- ◆ Какова вероятность получения "тройки" в пятикарточном покере?
- ◆ Какова вероятность выигрыша для каждой баскетбольной команды в Финале Четырех Национальной студенческой спортивной ассоциации?

Азартные игры и просмотр спортивных соревнований являются популярным времяпрепровождением. Я полагаю, азартные игры и спорт захватывают, поскольку никогда неизвестно, что произойдет дальше. Для аппроксимирования вероятностей наступления событий в азартных играх и спортивных соревнованиях подходит такой мощный инструмент, как моделирование по методу Монте-Карло. По существу, он оценивает вероятность путем многократного повторения игровой или соревновательной ситуации. Если, например, в Microsoft Excel сыграть в кости 10 000 раз, выиграв 4900 раз, то вероятность выигрыша можно будет оценить как  $4900/10\ 000$  или 49%. Если симитировать баскетбольный мужской Финал Четырех Национальной студенческой спортивной ассоциации 2003 г. тысячу раз и при этом команда Сиракьюсского университета выиграет 300 раз, то вероятность победы в чемпионате составит  $300/1000$  или 30%.

### Ответы на вопросы

---

В этом разделе приведены ответы на вопросы, перечисленные в начале главы.

#### Какова вероятность выигрыша в кости?

В игре в кости игрок бросает два кубика. Если выпадает 2, 3 или 12, игрок проигрывает. Если выпадает 7 или 11, игрок выигрывает. Если выпадает другая комбинация, игрок продолжает бросать кубики до тех пор, пока не выпадет число очков, выпавшее при первом броске (называемое "пойнт"), или 7. Если "пойнт" выпало раньше 7, игрок выигрывает. Если 7 выпало раньше, игрок проигрывает. Путем сложных вычислений можно показать, что вероятность выигрыша при игре в кости составляет 0,493. Для аппроксимирования этой вероятности можно с помощью Excel симитировать игру в кости множество раз (2000 раз в данном примере).

Важно помнить, что в этой игре заранее неизвестно, сколько бросков потребуется для ее завершения. Пример показывает, что игра с числом бросков более 50 крайне маловероятна, поэтому, предположим, что игра состоит из 50 бросков. После каждого броска состояние игры определяется следующим образом:

- ◆ 0 — игра проиграна;
- ◆ 1 — игра выиграна;
- ◆ 2 — игра продолжается.

Выходная ячейка содержит состояние игры после пятидесяти бросков, где 1 обозначает выигрыш, а 0 — проигрыш. Результаты представлены в файле Craps.xlsx (рис. 76.1).

	A	B	C	D	E	F	G	H	AX	AY
1	<b>№ броска</b>		1 2	3	4	5	6	7	49	50
2	<b>Кость 1</b>		2 4	5	4	3	4	3	5	6
3	<b>Кость 2</b>		4 4	2	4	5	5	5	4	2
4	<b>Всего</b>		6 8	7	8	8	9	8	9	8
5	<b>Состояние игры</b>		2 2	0	0	0	0	0	0	0
6		<b>Выигрыш?</b>	0							
7										
8				<b>вероятность выигрыша</b>	<b>0,4915</b>					
9					0					
10					1	1				
11					2	0				
12					3	0				
13					4	1				

Рис. 76.1. Имитация игры в кости

В ячейке B2 с помощью функции СЛУЧМЕЖДУ (RANDBETWEEN) сгенерируйте число, выпавшее на первой кости после первого броска по формуле =СЛУЧМЕЖДУ(1;6). Функция СЛУЧМЕЖДУ обеспечивает равную вероятность для каждого возвращаемого значения, так что на каждой кости с равной вероятностью (1/6) может выпасть 1, 2, 3, 4, 5 или 6. Скопируйте эту формулу в диапазон B2:AY3 для генерации 50 бросков кости. (На рис. 76.1 броски с 8 по 48 скрыты.)

В ячейках B4:AY4 вычислите общее число для каждого из 50 бросков, скопировав формулу =СУММ(B2:B3) из B4 в C4:AY4. В ячейке B5 определите состояние игры после первого броска по формуле =ЕСЛИ(ИЛИ(B4=2;B4=3;B4=12); 0; ЕСЛИ(ИЛИ(B4=7;B4=11);1;2)). Напомним, что 2, 3 или 12 означает проигрыш (в ячейку записывается 0), а 7 или 11 означает выигрыш (1), и любой другой результат ведет к продолжению игры (2).

В ячейке C5 вычислите состояние игры после второго броска по формуле =ЕСЛИ(ИЛИ(B5=0;B5=1);B5;ЕСЛИ(C4=\$B4;1;ЕСЛИ(C4=7;0;2))). Если игра заканчивается после первого броска, записывается соответствующее состояние игры. Далее, если выпадает "пойнт", записывается выигрыш (1). Если выпадает 7, записывается проигрыш. В остальных случаях игра продолжается. В этой формуле знак доллара в ссылке на ячейку в столбце B (\$B4) обеспечивает сравнение выпавших после каждого броска

очков с количеством очков, выпавших при первом броске. Скопируйте эту формулу из C5 в D5:AУ5 для записи состояния игры после бросков 2—50.

Результат игры, находящийся в ячейке АУ5, скопирован в ячейку С6 для удобства. Воспользуйтесь таблицей данных с одним входом для имитации игры в кости 2000 раз. В ячейку Е9 введите формулу =С6, отслеживающую исход игры (0 в случае проигрыша или 1 в случае выигрыша). Затем выделите таблицу (D9:E2009), на вкладке **ДАННЫЕ** (DATA) в группе **Работа с данными** (Data Tools) в списке **Анализ "что если"** (What If Analysis) выберите **Таблица данных** (Data Table). Здесь для таблицы данных с одним входом в поле **Подставлять значения по строкам в** (column input cell) можно указать любую пустую ячейку. После нажатия клавиши <F9> игра в кости будет автоматически симулирована 2000 раз.

В ячейке Е8 по формуле =СРЗНАЧ(Е10:E2009) можно вычислить долю имитаций, приведших к выигрышу. Для 2000 итераций выигрыш составил 49,15%. При большем числе испытаний (например, в случае 10 000 итераций) процент выигрыша приблизится к истинной вероятности выигрыша в игре в кости (49,3%). (Дополнительную информацию о таблице данных с одним входом см. в главе 16.)

### Какова вероятность получения "тройки" в пятикарточном покере?

Обычная колода карт содержит по четыре карты каждого ранга: четыре туза, четыре двойки и т. д. до четырех королей. Для вычисления вероятности получения конкретной покерной комбинации можно присвоить тузу значение 1, двойке значение 2 и т. д. до валета, которому присваивается значение 11, даме присваивается значение 12 и королю — значение 13.

В пятикарточном покере необходимо собрать комбинацию из пяти карт. Здесь многие вероятности представляют интерес, но ограничимся оценкой вероятности получения "тройки", для чего требуются три карты одного ранга и отсутствие пары. (Если у вас есть пара карт одного ранга и три карты другого ранга, то вы держите в руках "фулл хауз".) Для имитации игры в пятикарточный покер необходимо выполнить приведенные далее шаги. (См. файл Poker.xlsx, показанный на рис. 76.2.)

1. Свяжите с каждой картой в колоде случайное число.
2. Пять выбранных карт будут пятью картами, связанными с самыми маленькими случайными числами, благодаря чему каждая карта может быть выбрана с равной вероятностью.
3. Подсчитайте, сколько карт каждого ранга (от туза до короля) выбрано.

Сначала перечислите все карты колоды в ячейках D3:D54 в виде четырех единиц (1), четырех двоек (2) и т. д. до четырех чисел 13. Для связывания каждой карты колоды со случайным числом скопируйте формулу =СЛЧИС() из Е3 в Е4:E54. Для получения ранга<sup>1</sup> каждого случайного числа (от меньшего к большему) скопируйте формулу =РАНГ.РВ(Е3; \$Е\$3:\$Е\$54; 1) из С3 в С4:C54. Например, как показано на рис. 76.2, четвертая тройка в колоде (ряд 14) связана с 50-м наименьшим случайным числом. (Вы

<sup>1</sup> Ранг случайного числа — это не ранг карты. — Пер.

увидите на листе другие результаты, поскольку при открытии листа случайные числа автоматически пересчитываются.)

Функция `РАНГ.РВ` (`RANK.EQ`) имеет синтаксис `РАНГ.РВ(число;массив;1_или_0)`. Если последний аргумент функции `РАНГ.РВ` равен 1, функция возвращает ранг числа в массиве, при этом наименьшее число получает ранг 1, второе наименьшее число — ранг 2 и т. д. Если последний аргумент функции `РАНГ.РВ` равен 0, функция возвращает ранг числа в массиве, при этом наибольшее число в массиве получает ранг 1, второе наибольшее число — ранг 2 и т. д.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
2		Карты на руках	Ранг числа		Случайное число				Сколько	
3	1	2	9	1	0,1644					1 1
4	2	1	11	1	0,2224					2 2
5	3	11	2	1	0,0492					3 0
6	4	2	16	1	0,2767					4 0
7	5	5	10	2	0,1894					5 1
8			1	2	0,0223					6 0
9			28	2	0,5739					7 0
10			4	2	0,0642					8 0
11			47	3	0,9395					9 0
12			48	3	0,9567					10 0
13			49	3	0,9676					11 1
14			50	3	0,9712					12 0
15			37	4	0,6871					13 0
16			29	4	0,6048					
17			13	4	0,2547				Три карты одного ранга?	0
18			44	4	0,8566					
19			17	5	0,2812					0
20			20	5	0,3924		вер-ть 3х карт одного ранга			1 0
21			14	5	0,2629		0,0205			2 0
22			5	5	0,0658					3 0
23			34	6	0,6699					4 0
24			35	6	0,6754					5 0
25			38	6	0,6929					6 0
26			39	6	0,7428					7 0

Рис. 76.2. Оценка вероятности получения трех карт одного ранга при игре в покер

В рейтинге случайных чисел не может возникнуть никаких связей, поскольку при сравнении учитываются 16 цифр.

Предположим, например, что ранг присваивается числам 1, 3, 3 и 4, и что последний аргумент функции `РАНГ.РВ` равен 1. Функция Excel возвратит ранги, указанные в табл. 76.1.

Таблица 76.1

Число	Ранг числа (наименьшее число имеет ранг 1)
1	1
2	2
3	2
4	4

Поскольку число 3 является вторым наименьшим числом, ему будет присвоен ранг 2. Второму числу 3 тоже присвоен ранг 2. Поскольку 4 является четвертым наименьшим числом, ему присвоен ранг 4. Представление об обработке связей в функции РАНГ.PB позволит выполнить задание 1 в конце главы.

Скопируйте формулу =ВПР(A3;lookup;2;ЛОЖЬ) из ячейки B3 в B4:B7 для получения пяти карт из колоды. По этой формуле из колоды выбираются пять карт, соответствующие пяти наименьшим случайным числам. (Имя lookup присвоено таблице в ячейках C3:D54.) В функции ВПР указан аргумент ЛОЖЬ, поскольку ранги не заданы в порядке возрастания.

После присвоения имени Drawn диапазону ячеек с полученными картами (диапазон B3:B7) определите по формуле =СЧЁТЕСЛИ(drawn;I3), скопированной из J3 в J4:J15, какие карты находятся на руках. В ячейке J17 по формуле =ЕСЛИ(И(МАКС(J3:J15)=3;СЧЁТЕСЛИ(J3:J15;2)=0);1;0) определите, есть ли на руках "тройка" карт. Формула дает в результате 1 тогда и только тогда, когда на руках имеется "тройка" карт и ни одной пары.

Теперь с помощью таблицы данных с одним выходом смоделируйте четыре тысячи комбинаций карт на руках. Скопируйте результат из ячейки J17 по формуле =J17 в ячейку J19. Выделите таблицу (I19:J4019). Затем на вкладке **ДААННЫЕ** (DATA) в группе **Работа с данными** (Data Tools) в списке **Анализ "что если"** (What If Analysis) выберите **Таблица данных** (Data Table). Определите таблицу с одним входом, указав в поле **Подставлять значения по строкам в** (column input cell) любую пустую ячейку. После нажатия кнопки **ОК** будут смоделированы четыре тысячи комбинаций карт. В ячейке G21 вычислите вероятность появления "тройки" карт по формуле =СРЗНАЧ(J20:J4019). Вероятность составляет 1,9%. (С помощью теории вероятности можно доказать, что истинное значение вероятности получения "тройки" карт равно 2,1%.)

### **Какова вероятность выигрыша для каждой команды в баскетбольном Финале Четырех Национальной студенческой спортивной ассоциации?**

Рейтинг баскетбольных студенческих команд можно было бы оценить по методике, описанной в *главе 34*, если можно было бы получить результаты прошлых игр. Уважаемый рейтинг Сагарина (см. сайт [sagarin.com](http://sagarin.com)) всегда предоставляет актуальные рейтинги для всех студенческих баскетбольных команд. Накануне Финала Четырех 2003 года рейтинги Сагарина были следующими: 91,03 для Сиракьюсского университета (во главе с Кармело Энтони); 92,76 для Канзасского университета; 89,01 для Маркетского университета (во главе с Дуэйном Уэйдом) и 90,66 для Техасского университета. На основе этой информации для оценки шансов каждой команды на выигрыш можно сыграть Финал Четырех несколько тысяч раз.

Средний прогноз для количества очков, которое выигрывает команда хозяев, равен *рейтинг фаворита – рейтинг аутсайдера*. В Финале Четырех нет команды хозяев, но если бы она была, к рейтингу команды хозяев следовало бы добавить пять очков. (В профессиональном баскетболе хозяевам добавляют четыре очка, а в студенческом и профессиональном футболе — три очка.) Затем с помощью функции

$\text{НОРМ.ОБР}(\text{НОРМ.ИНВ})$  можно смоделировать результат каждой игры. (Дополнительную информацию о моделировании нормальной случайной величины с помощью функции  $\text{НОРМ.ОБР}$  см. в главе 69.)

Вероятный результат Финала Четырех 2003 года вычислен в файле Final4sim.xlsx (рис. 76.3). В полуфиналах "Канзас" противостоял "Маркетту", а "Сиракузы" — "Техасу".

	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1											
2			Полуфиналы								
3		Рейтинг	Результат	случ.число							
4	KU	92,76	0,0725431	0,356531	Финал	случ.число	Прогноз	Результат	Победитель		
5	MARQ	89,01			KU	0,0603062	92,76	-13,79209	SYR		
6					SYR		91,03				
7											
8	SYR	91,03	1,0153817	0,525729							
9	TEX	90,66									
10											
11							коэффициент	Вер-ть выигрыша	SYR		
12							1,69179	KU	0,3715	1	MARQ
13							3,016064	TEX	0,249	2	KU
14							3,106776	SYR	0,2435	3	KU
15							6,352941	MARQ	0,136	4	KU
16										5	TEX
17										6	KU
18										7	SYR
19										8	SYR
20										9	SYR
21										10	MARQ
22										11	TEX
23										12	KU
24							1,631579			13	KU
25										14	KU

Рис. 76.3. Моделирование результата Финала Четырех Национальной студенческой спортивной ассоциации 2003 года

Сначала введите в ячейки C4:D5 и C8:D9 названия и рейтинги всех команд. В ячейку F4 с помощью функции  $\text{СЛУЧИС}(\text{RAND})$  введите случайное число для игры "Маркетт—Канзас" и в ячейку F8 — случайное число для игры "Сиракузы—Техас". Смоделированный результат всегда указывается относительно первой команды.

В ячейке E4 определите результат игры "Канзас—Маркетт" (с точки зрения "Канзаса") по формуле  $=\text{НОРМ.ОБР}(F4;D4-D5;10)$ . Обратите внимание, что "Канзас" является фаворитом по разнице очков D4-D5. В ячейке E8 определите результат игры "Сиракузы—Техас" (с точки зрения "Сиракуз") по формуле  $=\text{НОРМ.ОБР}(F8;D8-D9;10)$ . (Стандартное отклонение для разницы между фактической победной разницей и разницей для студенческих игр составляет 10 очков.)

В ячейках G5 и G6 обеспечивается проход в финал победителя каждой полуфинальной игры. Если результат полуфинала больше 0, выиграла команда, указанная первой; в противном случае выиграла вторая указанная команда. Таким образом, в ячейку G5 вводится победитель первой игры с помощью формулы  $=\text{ЕСЛИ}(E4>0;"KU";"MARQ")$ . В ячейку G6 вводится победитель второй игры посредством формулы  $=\text{ЕСЛИ}(E8>0;"SYR";"TEX")$ .

Для моделирования результата игры за чемпионство введите в ячейку H5 случайное число. Скопировав формулу =ВПР(G5;\$C\$4:\$D\$9;2;ЛОЖЬ) из I5 в I6, получите рейтинг для каждой команды в чемпионской игре. Затем в ячейке J5 вычислите результат в чемпионской игре (с точки зрения первой указанной команды в ячейке G5) по формуле =НОРМ.ОБР(H5;I5-I6;10). Наконец, в ячейке K5 определите фактического чемпиона по формуле =ЕСЛИ(J5>0;G5;G6).

Теперь воспользуйтесь, как обычно, таблицей данных с одним входом для моделирования Финала Четырех две тысячи раз. Смоделированные победители указаны в ячейках M12:M2011. Скопируйте формулу =СЧЁТЕСЛИ(\$M\$12:\$M\$2011;J12)/2000 из K12 в K13:K15 для вычисления прогнозируемой вероятности победы каждой команды: 37% для "Канзаса", 27% для "Сиракуз", 22% для "Техаса" и 14% для "Маркетта". Эти вероятности могут быть переведены в букмекерский коэффициент по следующей формуле:

$$\text{перевес} = \frac{\text{вероятность\_поражения\_команды}}{\text{вероятность\_победы\_команды}}.$$

Например, коэффициент на победу "Канзаса" составляет 1,63 к 1:

$$(1 - 0,37) : 0,37 = 1,63.$$

Это означает, что если поставить на победу "Канзаса" 1 доллар, и букмекер заплатит 1,63 доллара, то ставка будет справедливой. Безусловно, букмекер слегка снизит шансы для обеспечения собственных интересов. (См. задание 6 в конце главы.)

Эта методология может быть расширена до моделирования всего турнира Национальной студенческой спортивной ассоциации 2003 г. Обеспечьте с помощью функции ЕСЛИ продвижение каждого победителя и посредством функции ВПР найдите рейтинг каждой команды. Для моделирования сезона 2003 г. см. файл Ncaa2003.xlsx. Анализ отдает команде Сиракьюсского университета (в действительности победителю соревнования) победу с вероятностью 4% на старте соревнований.

В этом файле для пояснения задачи на листе были введены примечания, показанные на рис. 76.4. Далее приведено несколько советов по использованию примечаний.

- ◆ Для вставки примечания в ячейку сначала необходимо выделить ячейку. На вкладке **РЕЦЕНЗИРОВАНИЕ (REVIEW)** в группе **Примечания (Comments)** выберите **Создать примечание (New Comment)** и затем введите текст примечания. В правом верхнем углу любой ячейки, содержащей примечание, можно увидеть небольшую отметку красного цвета.
- ◆ Для редактирования примечания щелкните правой кнопкой мыши по ячейке, содержащей примечание, и выберите команду **Изменить примечание (Edit Comment)**.
- ◆ Если примечание должно быть видно все время, щелкните по ячейке правой кнопкой мыши и выберите **Показать или скрыть примечание (Show/Hide Comment)**.



Comments). Если отображаемое примечание необходимо скрыть, выберите **Скрыть примечание** (Hide Comment).

- ◆ Если примечание необходимо напечатать, на вкладке **Разметка страницы** (Page Layout) щелкните на кнопке вызова диалогового окна **Параметры страницы** (Page Setup) — на маленьком значке в правом нижнем углу группы. В открывшемся диалоговом окне на вкладке **Лист** (Sheet) в поле со списком **Примечания** (Comments) можно указать, должны ли примечания быть напечатаны так, как на листе, или в конце листа.

	A	B	C	D	E	F
1	1			4	5	6
2	Arizona	V		DNZ	ND	WIS MIL
3	1			4	5	6
4	93,1			84,18	88,52	82,71
5	West					
6	1				3	
7	35,49432				-11,1274	4
8						
9	1				5	
10	9,718514				-9,05889	8
11						

Рис. 76.4. Примечания на листе

## Задания

1. Предположим, что в комнате находится 30 человек. Какова вероятность того, что, по крайней мере, двое из них родились в один день?
2. Какова вероятность получения одной пары в пятикарточном покере?
3. Какова вероятность получения двух пар в пятикарточном покере?
4. В игре кено перемешивают 80 шаров (пронумерованных от 1 до 80), и затем случайным образом вытаскивают 20 шаров. Перед вытаскиванием 20 шаров игрок выбирает 10 различных номеров. Если вытащено хотя бы пять шаров с этими номерами, игрок выигрывает. Какова вероятность выигрыша?
5. Для финала НБА 2003 года рейтинговая система (см. главу 34) поставила клуб "San Antonio Spurs" на три очка выше клуба "New Jersey Nets". Команды играют до четырех побед. Первые две игры проводятся в Сан-Антонио, следующие три игры — в Нью-Джерси и две последних игры запланированы в Сан-Антонио. Какова вероятность того, что Сан-Антонио выигрывает серию?
6. Какой коэффициент на победу "Канзаса" в Финале Четырех должен рассчитать букмекер, если хочет заработать в среднем 10 центов с каждого доллара ставки?

7. Какова вероятность получить флэш (пять последовательных карт одной масти) в пятикарточном покере?
8. Если палочку длиной 1 дюйм сломать в двух случайно выбранных местах, то получится три маленьких палочки. Какова вероятность того, что из них можно составить треугольник?
9. Предположим, что каждый хитер в бейсбольной команде может с вероятностью 50% выполнить хоумран и с вероятностью 50% выбить в аут. Сколько в среднем перебежек заработает эта команда в одном иннинге?



# Анализ данных с помощью повторной выборки

### Обсуждаемый вопрос

- ◆ Девять партий продукции производятся при высокой температуре, а семь партий — при низкой. Какова вероятность того, что выход годной продукции выше при высокой температуре?

Аналитикам данных часто приходится решать следующие задачи:

- ◆ Какова вероятность того, что новая методика обучения повышает качество подготовки студентов?
- ◆ Какова вероятность того, что аспирин снижает частоту сердечных приступов?
- ◆ Какова вероятность того, что первая машина является наиболее производительной из трех машин?

Сделать логические выводы, исходя из данных, позволяет простой, но мощный метод, известный как *повторная выборка*. Для формирования статистических выводов с использованием повторной выборки данные генерируются множество раз путем выборки с возвращением. Выборка с возвращением означает, что одна и та же точка данных может быть выбрана несколько раз. Затем на основе результатов повторной выборки формируются выводы. Ключевым инструментом для реализации повторной выборки является функция `СЛУЧМЕЖДУ (RANDBETWEEN)`. Формула `=СЛУЧМЕЖДУ (a;b)` дает с равной вероятностью любое целое число между *a* и *b* (включительно). Например, формула `=СЛУЧМЕЖДУ (1;9)` с равной вероятностью даст в результате одно из чисел от 1 до 9 (включительно).

### Ответ на вопрос

---

В этом разделе приведен ответ на вопрос, представленный в начале главы.

**Девять партий продукции производятся при высокой температуре, а семь партий — при низкой. Какова вероятность того, что выход годной продукции выше при высокой температуре?**

В файле `Resampleyield.xlsx` (рис. 77.1) содержатся данные о выходе продукции для девяти партий, произведенных при высокой температуре, и для семи партий, произведенных при низкой температуре.

Средний выход продукции при высокой температуре составляет 39,74; средний выход продукции при низкой температуре — 32,27. Однако разница между ними не

доказывает, что средний выход продукции при высокой температуре превосходит средний выход продукции при низкой температуре. На основе данных выборки необходимо узнать вероятность того, что выход годной продукции при высокой температуре выше, чем при низкой. Для ответа на этот вопрос можно сгенерировать случайным образом девять целых чисел от 1 до 9, что дает повторную выборку выхода годной продукции при высокой температуре.

Например, если сгенерировано случайное число 4, в повторно выбранные данные для выхода годной продукции при высокой температуре будет включено значение 41,40; если сгенерировано случайное число 2, в повторно выбранные данные включается значение 39,93 и т. д. Затем случайным образом генерируются 7 целых чисел от 1 до 7, с помощью которых создается повторная выборка для выхода годной продукции при низкой температуре. Далее для повторно выбранных данных проверяется, превосходит ли средний выход годной продукции, произведенной при высокой температуре, средний выход годной продукции, произведенной при низкой температуре. И, наконец, с помощью таблицы данных этот процесс повторяется несколько сотен раз. (В этом примере — 400 раз.) В повторно выбранных данных доля случаев, когда средний выход продукции при высокой температуре превосходит средний выход продукции при низкой температуре, оценивает вероятность того, что процесс производства при высокой температуре эффективнее процесса производства при низкой температуре.

	C	D	E
3	среднее	39,74	32,27
4	Номер	Высокая t	Низкая t
5	1	17,55	37,37
6	2	39,93	43,20
7	3	48,98	34,85
8	4	41,40	31,22
9	5	35,70	26,59
10	6	42,24	42,67
11	7	54,75	10,00
12	8	46,96	
13	9	30,19	

Рис. 77.1. Выход продукции при высокой и низкой температуре

Сначала сгенерируйте повторную выборку данных для высокой температуры путем копирования формулы =СЛУЧМЕЖДУ(1;9) из ячейки C16 в C17:C24, как показано на рис. 77.2. Исходные наблюдения могут быть выбраны несколько раз или не выбраны ни разу. Скопируйте формулу =ВПР(C16;lookup;2) из ячейки D16 в D17:D24 (lookup — это имя диапазона ячеек C4:E13) для генерации выходов годной продукции, соответствующих случайной повторной выборке данных. Далее сгенерируйте повторную выборку из данных о выходе годной продукции при низкой температуре. Скопируйте формулу =СЛУЧМЕЖДУ(1;7) из E16 в E17:E22 для генерации повторной выборки из семи случайных чисел для получения наблюдений на основе исходных данных о выходе годной продукции при низкой температуре. Для повторного выбора семи выходов годной продукции при низкой температуре скопируйте формулу =ВПР(E16;lookup;3) из F16 в F17:F22.

	C	D	E	F	
15	Повторная выборка	Высокая t	Повторная выборка	Низкая t	
16		2	39,93	6	42,67
17		4	41,40	1	37,37
18		8	46,96	4	31,22
19		9	30,19	3	34,85
20		4	41,40	3	34,85
21		7	54,75	5	26,59
22		2	39,93	1	37,37
23		4	41,40		
24		9	30,19		
25					
26	Средний выход		40,68		34,99
27					
28					
29	Высокая t эффективнее		1		
30				Вероятность, что высокая t эффективнее	
31			1		0,925
32		1	1		
33		2	1		
34		3	1		
35		4	1		
36		5	0		
37		6	1		

Рис. 77.2. Реализация повторной выборки

В ячейке D26 вычислите для повторно выбранных данных средний выход при высокой температуре по формуле =СРЗНАЧ(D16:D24). Аналогично в ячейке F26 вычислите для повторно выбранных данных средний выход при низкой температуре по формуле =СРЗНАЧ(F16:F22). В ячейке D29 по формуле =ЕСЛИ(D26>F26;1;0) определите для повторно выбранных данных, превосходит ли средний выход годной продукции при высокой температуре средний выход годной продукции при низкой температуре.

Провести повторную выборку 400 раз можно с помощью таблицы данных с одним входом. Номера итераций от 1 до 400 помещены в ячейки C32:431. Дополнительную информацию о том, как быстро создать список номеров итераций с помощью команды **Заполнить** (Fill) и диалогового окна **Прогрессия** (Series), см. в главе 73. Введите в ячейку D31 формулу =D29, записывающую в выходную ячейку таблицы данных результат проверки, превосходит ли средний выход годной продукции при высокой температуре средний выход годной продукции при низкой температуре. Выделите таблицу (C31:D431), затем на вкладке **ДАННЫЕ** (DATA) в группе **Работа с данными** (Data Tools) в списке **Анализ "что если"** (What If Analysis) выберите **Таблица данных** (Data Table). Укажите в поле **Подставлять значения по строкам в** (column input cell) любую пустую ячейку. Благодаря этому приему, в Microsoft Excel повторная выборка будет выполнена 400 раз. Каждая итерация со значением 1 указывает, что в повторной выборке средний выход годной продукции выше при высокой температуре. Каждая итерация со значением 0 указывает, что в повторной выборке средний выход годной продукции выше при низкой температуре. В ячейке F31 по формуле =СРЗНАЧ(D32:D431) определите долю случаев, когда средний выход годной продукции выше при высокой температуре. На рис. 77.2 применение повторной выборки показывает, что с вероятностью 92,5% средний выход

годной продукции при высокой температуре выше, чем при низкой. Безусловно, при нажатии клавиши <F9> будет сгенерирован другой набор из 400 повторных выборок, который даст немного другую оценку вероятности того, что средний выход годной продукции при высокой температуре выше, чем при низкой.

## Задания

1. Тестируется новый лекарственный препарат от гриппа. Из 24 больных гриппом пациентов, получивших новый препарат, 20 почувствовали себя лучше, а 4 — хуже. Из 9 больных гриппом пациентов, получивших плацебо, 6 почувствовали себя лучше, а 3 — хуже. Какова вероятность того, что лекарственный препарат эффективнее плацебо?
2. С восьмью рабочими была проведена беседа о вреде высокого уровня холестерина. У каждого рабочего до беседы и через какое-то время после нее был проверен уровень холестерина. Результаты проверки приведены в табл. 77.1. Какова вероятность того, что беседа вызвала изменение образа жизни рабочих, которое привело к снижению уровня холестерина?

**Таблица 77.1**

Холестерин до беседы	Холестерин после беседы
220	210
195	198
250	210
200	199
220	224
260	212
175	179
198	184

3. Бета для акции — это просто наклон наилучшей подобранной линии, используемой для прогнозирования ежемесячного дохода от акции по ежемесячному доходу, приведенному в индексе Standard&Poor (S&P) 500. Бета больше 1 показывает, что движение цены акции более цикличное, чем движение цен на рынке, а бета меньше 1 показывает, что движение цены акции менее цикличное, чем движение цен на рынке. Файл `Betaresampling.xlsx` содержит данные более чем за 12 лет о ежемесячном доходе по акциям Microsoft (MSFT), Pfizer (PFE) и другим акциям, а также индекс S&P 500. Исходя из этих данных, определите вероятность того, что бета для Microsoft ниже беты для Pfizer. При оценке беты для каждой итерации повторной выборки воспользуйтесь функцией `НАКЛОН (SLOPE)`.
4. В файле `Lawdata.xlsx` даны баллы юридического теста LSAT и средний бал GPA для 15 студентов юридической школы. На основе этих данных определите, в каких пределах находится корреляция между баллами LSAT и GPA с вероятностью 95%?

# Ценообразование опционов

### Обсуждаемые вопросы

- ◆ Что такое колл-опцион и пут-опцион?
- ◆ В чем разница между американским и европейским опционами?
- ◆ Как выглядят выигрыши по европейским колл- и пут-опционам, если рассматривать их как функцию курса акции на дату исполнения?
- ◆ Какими параметрами определяется цена опциона?
- ◆ Как оценить волатильность акции на основе исторических данных?
- ◆ Как реализовать в Excel формулу Блэка—Шоулза?
- ◆ Как изменение ключевых параметров изменяет цену колл- и пут-опционов?
- ◆ Как оценить волатильность акции по формуле Блэка—Шоулза?
- ◆ В мои точные формулы ценообразования опционов никто не должен вносить изменения. Как защитить формулы на листе от изменения?
- ◆ Как с помощью ценообразования опционов компания может принимать более эффективные инвестиционные решения?

В начале 70-х годов прошлого века экономисты Фишер Блэк (Fischer Black), Майрон Шоулз (Myron Scholes) и Роберт Мертон (Robert Merton) вывели формулу ценообразования опционов Блэка—Шоулза, которая позволяет получить оценку европейских колл- и пут-опционов. За свою работу Шоулз и Мертон были удостоены Нобелевской премии по экономике в 1997 г. (Блэк умер до 1997 г., а Нобелевская премия не присуждается посмертно.) Их научный труд произвел революцию в области корпоративных финансов. В данной главе приведены основные положения этой важной научной работы.

### ПРИМЕЧАНИЕ

Превосходное формальное исследование опционов см. в книге: David G. Luenberger, *Investment Science*, 2nd ed. — Oxford University Press, 2013.

## Ответы на вопросы

---

В этом разделе приведены ответы на вопросы, перечисленные в начале главы.

### Что такое колл-опцион и пут-опцион?

*Колл-опцион* дает владельцу опциона право купить акцию по цене исполнения. *Пут-опцион* дает владельцу опциона право продать акцию по цене исполнения.



## В чем разница между американским и европейским опционами?

*Американский опцион* может быть исполнен не позднее даты, известной как *дата исполнения* (часто называемой *датой истечения срока действия* опциона). *Европейский опцион* может быть исполнен только в последний день срока его действия.

## Как выглядят выигрыши по европейским колл- и пут-опционам, если рассматривать их как функцию курса акции на дату исполнения?

Давайте рассмотрим денежные потоки для шестимесячного европейского колл-опциона на акции IBM с ценой исполнения 110 долларов. Пусть  $P$  — это курс акции IBM через шесть месяцев. Выигрыш от колл-опциона на эти акции составит 0 долларов, если  $P \leq 110$ , и  $(P - 110)$  долларов, если  $P > 110$ . Если значение  $P$  меньше 110 долларов, владелец опциона может не исполнять опцион. Если значение  $P$  больше 110 долларов, владелец может исполнить опцион, купив акцию за 110 долларов и немедленно продав ее за  $P$  долларов, и тем самым получить прибыль  $(P - 110)$  долларов. На рис. 78.1 представлен выигрыш по этому колл-опциону. Иными словами, колл-опцион платит 1 доллар за каждый доллар, на который курс акции превышает цену исполнения. Выигрыш по этому колл-опциону можно записать как  $\max(0, P - 110)$ . Обратите внимание, что график выигрыша по колл-опциону на рис. 78.1 (см. лист call в файле Optionfigures.xlsx) имеет наклон 0 для значений  $P$  меньше цены исполнения. Наклон графика равен 1 для значений  $P$  больше цены исполнения.

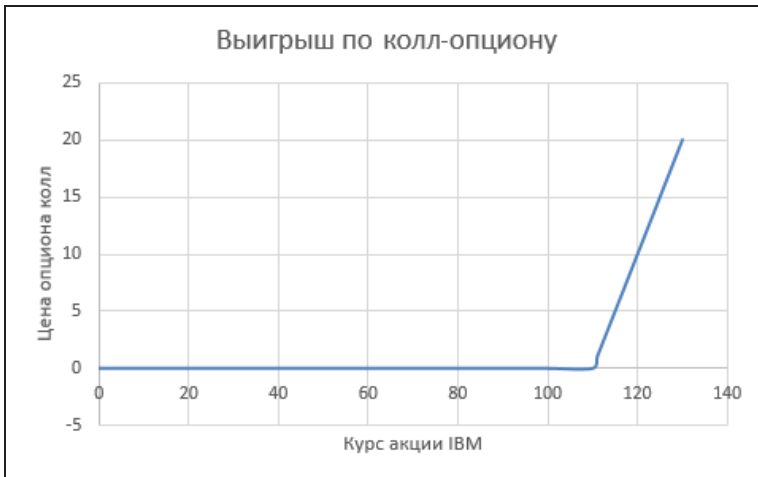


Рис. 78.1. Денежные потоки для опциона колл

Можно показать, что если акция не приносит дивидендов, нецелесообразно исполнять американский колл-опцион досрочно. Таким образом, цена американского и европейского колл-опционов для акции, по которой не выплачиваются дивиденды, одинакова.

Теперь рассмотрим денежные потоки для шестимесячного европейского пут-опциона на акцию IBM с ценой исполнения 110 долларов. Пусть  $P$  — курс акции

IBM через шесть месяцев. Выигрыш по пут-опциону составит 0 долларов, если  $P \geq 110$ , и  $(P - 110)$  долларов, если  $P < 110$ . Для значений  $P$  меньше 110 долларов владелец опциона может купить акцию за  $P$  долларов и немедленно продать ее за 110 долларов. Это принесет прибыль  $(110 - P)$  долларов. Если  $P$  больше 110 долларов, покупать акцию за  $P$  долларов и продавать за 110 долларов невыгодно, так что владелец может не исполнять опцион для продажи акции за 110 долларов.

На рис. 78.2 представлен выигрыш для этого пут-опциона (см. лист Put в файле Optionfigures.xlsx). Иными словами, пут-опцион платит 1 доллар за каждый доллар, на который курс акции ниже цены исполнения опциона. Выигрыш для этого пут-опциона можно записать как  $\max(0, 110 - P)$ . Обратите внимание, что наклон графика выигрыша по пут-опциону равен  $-1$  для значений  $P$  меньше цены исполнения и наклон равен 0 для значений  $P$  больше цены исполнения.

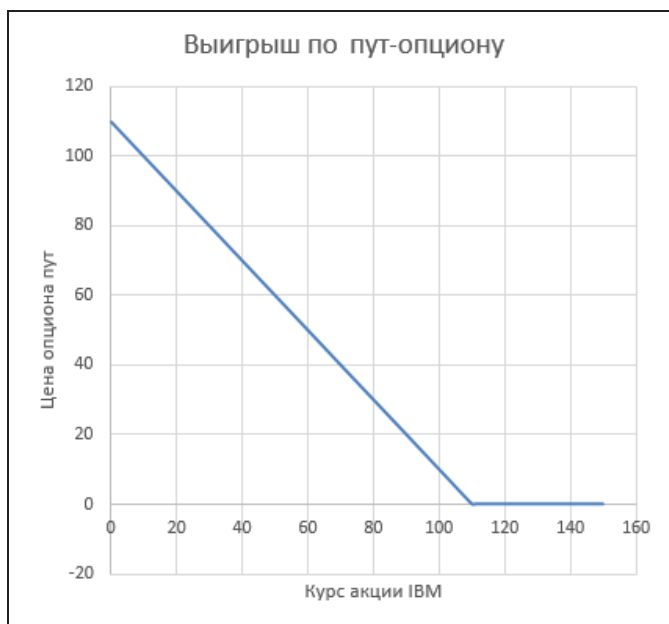


Рис. 78.2. Денежные потоки для опциона пут

Американский пут-опцион может быть исполнен досрочно, поэтому денежные потоки для американского пут-опциона не могут быть определены без знания цены акции в период до даты истечения срока действия опциона.

### Какими параметрами определяется цена опциона?

При создании модели ценообразования опционов Блэка—Шоулза Блэк, Шоулз и Мертон показали, что цена колл- и пут-опциона зависит от перечисленных далее параметров.

- ◆ Текущая цена акции.
- ◆ Цена исполнения опциона.

- ◆ Время (в годах) до истечения срока действия опциона (называемое *сроком* опциона).
- ◆ Процентная ставка (в год с учетом сложных процентов) на безрисковые инвестиции (как правило, в казначейские векселя) в течение всего срока инвестирования. Эта ставка называется *безрисковой ставкой*. Например, если трехмесячные казначейские векселя приносят 5% дохода, безрисковая ставка вычисляется как  $\ln(1 + 0,05)$ . (Взятие логарифма преобразует простую процентную ставку в ставку с учетом сложных процентов.) Сложные проценты означают, что в каждый момент времени проценты приносят проценты.
- ◆ Годовая ставка (в процентах от курса акции), по которой выплачиваются дивиденды. Если акция приносит каждый год 2% своей стоимости в качестве дивидендов, норма дивидендов составляет 0,02.
- ◆ *Волатильность* акции (измеряемая в годовом исчислении). Годовая волатильность акции, например, 30% означает, что (приблизительно) стандартное отклонение относительного годовичного изменения курса акции составит примерно 30%. Во времена интернет-пузыря в конце 1990-х годов волатильность акций многих интернет-компаний превышала 100%. Этот важный параметр можно вычислить двумя способами.

В формуле ценообразования Блэка—Шоулза курс акции должен соответствовать логарифмически нормальному распределению. Дополнительную информацию о логарифмически нормальной случайной величине см. в главе 72.

### Как оценить волатильность акции на основе исторических данных?

Для оценки волатильности акции на основе данных о ежемесячных доходах по акции необходимо выполнить следующие шаги:

1. Определить ежемесячный доход по акции за несколько лет.
2. Определить для каждого месяца  $\ln(1 + \text{ежемесячный доход})$ .
3. Определить стандартное отклонение для  $\ln(1 + \text{ежемесячный доход})$ . Это вычисление дает ежемесячную волатильность.
4. Умножить ежемесячную волатильность на  $\sqrt{12}$  для преобразования ежемесячной волатильности в годовую.

Эта процедура, представленная в файле Dellvol.xlsx, вычисляет годовую волатильность акции компании Dell на основе ежемесячных цен в период с августа 1988 г. по май 2001 г. (См. рис. 78.3, на котором часть строк данных скрыта.)

Скопируйте формулу  $= (B2-B3)/B3$  из C2 в C3:C154 для вычисления ежемесячного дохода по акции Dell. Затем скопируйте формулу  $=1+C2$  из D2 в D3:D154. Далее вычислите  $\ln(1 + \text{ежемесячный доход})$  для каждого месяца, скопировав формулу  $=\text{LN}(D2)$  из E2 в E3:E154, и вычислите ежемесячную волатильность в ячейке H3 по формуле  $=\text{СТАНДОТКЛОН.В}(E2:E154)$ . Наконец, вычислите годовую волатильность акции Dell по формуле  $=\text{КОРЕНЬ}(12)*H3$ . Годовая волатильность акции Dell составляет 57,8%.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Дата	Курс Dell	Доход	1+доход	ln(1+доход)			
2	1.5.01	24,36	-0,0716	0,92835	-0,074342521			
3	1.4.01	26,24	0,02151	1,02151	0,021280472		ежемесяч. волат.	0,1669
4	1.3.01	25,6875	0,17429	1,17429	0,16066006		годовая волат.	0,5781
5	1.2.01	21,875	-0,1627	0,83732	-0,177548278			
148	1.3.89	0,0742	-0,0951	0,90488	-0,099955097			
149	1.2.89	0,082	-0,1717	0,82828	-0,188400603			
150	1.1.89	0,099	-0,0499	0,9501	-0,051192279			
151	1.12.88	0,1042	-0,0803	0,91968	-0,083727039			
152	1.11.88	0,1133	-0,0841	0,91593	-0,087820111			
153	1.10.88	0,1237	0,15824	1,15824	0,146901353			
154	1.9.88	0,1068	0,28211	1,28211	0,248509377			
155	1.8.88	0,0833						

Рис. 78.3. Вычисление исторической волатильности стоимости акции Dell

### Как реализовать в Excel формулу Блэка—Шоулза?

Для применения формулы Блэка—Шоулза в Microsoft Excel необходимо ввести значения для следующих параметров:

- ◆  $S$  — текущий курс акции;
- ◆  $t$  — срок опциона (в годах);
- ◆  $X$  — цена исполнения;
- ◆  $r$  — годовая безрисковая ставка (предполагается, что эта ставка постоянно вычисляется с учетом сложных процентов);
- ◆  $\sigma$  — годовая волатильность акции;
- ◆  $y$  — процент от стоимости акции, выплачиваемый в качестве дивидендов.

С учетом этих входных значений цена европейского колл-опциона по формуле Блэка—Шоулза вычисляется следующим образом.

Определим:

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{X}\right) + \left(r - y + \frac{\sigma^2}{2}\right)t}{\sigma\sqrt{t}}$$

и

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{t}.$$

Тогда цена колл-опциона  $C$  определяется по формуле:

$$C = Se^{-yt}N(d_1) - Xe^{-rt}N(d_2).$$

Здесь  $N(x)$  — вероятность того, что нормальная случайная величина со средним значением 0 и стандартным отклонением  $\sigma$ , равным 1, меньше или равна  $x$ . Например,  $N(-1) = 0,16$ ,  $N(0) = 0,5$ ,  $N(1) = 0,84$  и  $N(1,96) = 0,975$ . Нормальная случайная величина со средним значением 0 и стандартным отклонением 1 называется *нормированной случайной величиной, распределенной по нормальному закону*. Нормальное интегральное распределение в Microsoft Excel 2013 вычисляет функция

НОРМ.СТ.РАСП (NORM.S.DIST). Формула =НОРМ.СТ.РАСП(х;ИСТИНА\_или\_1) возвращает вероятность того, что нормированная случайная величина, распределенная по нормальному закону, меньше или равна  $x$ . Например, формула =НОРМ.СТ.РАСП(-1;ИСТИНА), введенная в ячейку, дает в результате 0,16. Это значение показывает, что нормальная случайная величина со средним значением 0 и стандартным отклонением 1 с вероятностью 16% примет значение менее -1.

Цену европейского пут-опциона  $P$  можно записать в виде:

$$P = Se^{-rt} (N(d_1) - 1) - Xe^{-rt} (N(d_2) - 1).$$

В файле Bstemp.xlsx (рис. 78.4) находится шаблон, который вычисляет цену для европейских колл- и пут-опционов. Введите значения параметров в B5:B10 и получите цену европейского колл-опциона в D13, а цену европейского пут-опциона в D14.

	A	B	C	D	E
4	Входные данные				
5	Курс акции	20			
6	Цена исполнения	24			
7	Срок опциона	7			
8	Процентная ставка	0,04879			
9	Норма дивидендов	0			
10	Волатильность	0,5			
11					
12				Прогноз	
13	Цена опциона колл			\$10,64	
14	Цена опциона пут			\$7,69	
15					
16					
17	Другие величины для цены опциона				
18	d1	0,781789		N(d1)	0,7828
19	d2	-0,54109		N(d2)	0,2942

Рис. 78.4. Определение цены европейских колл- и пут-опционов

#### ПРИМЕЧАНИЕ

Определение цены американских опционов в этой книге не рассматривается. Заинтересованные читатели должны обратиться к превосходному учебнику Люнбергера (Luenberger).

В качестве примера предположим, что акция Cisco сегодня продается за 20 долларов и вы выпустили семилетний европейский колл-опцион. Пусть годовая волатильность акции Cisco равна 50%, и безрисковая ставка в течение семилетнего периода исчисляется исходя из 5% в год. С учетом сложных процентов она преобразуется в  $\ln(1 + 0,05) = 0,04879$ . Компания Cisco не выплачивает дивиденды, так что годовая норма дивидендов равна 0. Цена колл-опциона составляет 10,64 долл. Семилетний пут-опцион с ценой исполнения 24 доллара будет стоить 7,69 долларов.

#### Как изменение ключевых параметров изменяет цену опционов колл и пут?

- ◆ Как правило, влияние изменения входного параметра на цену колл- или пут-опциона соответствует влиянию, указанному в табл. 78.1.

Таблица 78.1

Параметр	Европейский колл-опцион	Европейский пут-опцион	Американский колл-опцион	Американский пут-опцион
Курс акции	+	-	+	-
Цена исполнения	-	+	-	+
Срок опциона	?	?	+	+
Волатильность	+	+	+	+
Безрисковая ставка	+	-	+	-
Дивиденды	-	+	-	+

Повышение сегодняшнего курса акции всегда повышает цену колл-опциона и снижает цену пут-опциона.

- ◆ Повышение цены исполнения всегда повышает цену пут-опциона и снижает цену колл-опциона.
- ◆ Увеличение срока опциона всегда повышает цену американского опциона. В случае выплаты дивидендов увеличение срока опциона может или повысить, или понизить цену европейского опциона.
- ◆ Увеличение волатильности всегда повышает цену опциона.
- ◆ Повышение безрисковой ставки повышает цену колл-опциона, поскольку более высокие ставки имеют тенденцию к увеличению темпов роста курса акции (что хорошо для колл-опциона). Эта ситуация отменяет тот факт, что в результате более высокой процентной ставки выигрыш по опциону уменьшается. Повышение безрисковой ставки всегда понижает цену пут-опциона, поскольку более высокие темпы роста курса акции, как правило, наносят ущерб пут-опциону, и будущий выигрыш по пут-опциону уменьшается. Как и в предыдущем случае, при этом предполагается, что процентные ставки не влияют на текущие курсы акций, однако это не так.
- ◆ Дивиденды, как правило, снижают темпы роста курса акции, поэтому увеличенные дивиденды снижают цену колл-опциона и повышают цену пут-опциона.

Конкретное влияние изменения параметров на цену колл- и пут-опционов при необходимости можно исследовать с помощью таблицы данных с одним входом и таблицы данных с двумя входами (дополнительную информацию о работе с таблицами данных см. в главе 16).

### Как оценить волатильность акции по формуле Блэка—Шоулза?

Ранее в этой главе было показано, как на основе исторических данных оценить годовую волатильность акции. Проблема с оценкой исторической волатильности состоит в том, что анализ выполняется на основе прошлого. А в действительности требуется оценить волатильность акции на основе ожиданий. Подход на основе *подразумеваемой волатильности* просто оценивает волатильность акции как зна-

чение волатильности, при котором цена по формуле Блэка—Шоулза соответствует рыночной цене опциона. Иными словами, подразумеваемая волатильность получает значение волатильности, вытекающее из рыночной цены опциона.

Для вычисления подразумеваемой волатильности просто воспользуйтесь инструментом **Подбор параметра** (Goal Seek) и описанными ранее входными параметрами. 22 июля 2003 г. акция Cisco продавалась за 18,43 долларов. В октябре 2003 г. колл-опцион с ценой исполнения 17,50 долларов продавался за 1,85 долларов. Срок действия этого опциона истек 18 октября (через 89 дней в будущем). Таким образом, срок действия опциона составляет  $89/365 = 0,2438$  лет. Предположительно, Cisco не выплачивает дивиденды. Пусть ставка для казначейских векселей составляет 5%, и соответствующая безрисковая ставка равна  $\ln(1 + 0,05) = 0,04879$ . Для определения волатильности акции Cisco, которая подразумевается ценой опциона, введите в ячейки B5:B10 файла Ciscoimpvol.xlsx релевантные параметры (рис. 78.5).

	A	B	C	D	E
4	<b>Входные данные</b>				
5	Курс акции	18,43			
6	Цена исполнения	17,5			
7	Срок опциона	0,24384			
8	Процентная ставка	0,04879			
9	Норма дивидендов	0			
10	Волатильность	0,34036			
11					
12				Прогноз	
13	Цена опциона колл			\$1,85	
14	Цена опциона пут			\$0,71	
15					
16					
17	<b>Другие величины для цены опциона</b>				
18	d1	0,4629		N(d1)	0,678281
19	d2	0,29483		N(d2)	0,615937

Рис. 78.5. Вычисление волатильности акции Cisco согласно подразумеваемой волатильности

Далее в диалоговом окне **Подбор параметра** (Goal Seek), показанном на рис. 78.6, определите волатильность (значение в ячейке B10), при которой цена опциона (формула в D13) достигает значения 1,85 долларов.

Как показано на рис. 78.5, этот опцион подразумевает годовую волатильность для Cisco в размере 34%.

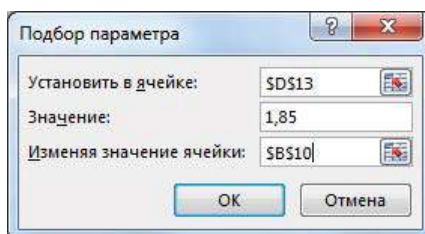


Рис. 78.6. Настройки в диалоговом окне **Подбор параметра** для поиска подразумеваемой волатильности

**ПРИМЕЧАНИЕ**

На сайте [www.lvvolatility.com](http://www.lvvolatility.com) предоставляются оценки волатильности любой акции, как исторические, так и подразумеваемые.

**В мои точные формулы ценообразования опционов никто не должен вносить изменения. Как защитить формулы на листе от изменения?**

Предположим, вы направили лист с расчетами кому-либо, кто затем изменил ваши тщательно составленные формулы. Иногда необходимо защитить лист от другого пользователя таким образом, что он сможет только вводить исходные данные, но не изменять формулы на листе. Посмотрим, как защитить все формулы в шаблоне Блэка—Шоулза на следующем примере. (См. файлы *Bstemp.xlsx* и *Bstempprotected.xlsx*.)

Начнем с разблокировки всех ячеек на листе, а затем заблокируем ячейки, которые необходимо защитить. Сначала щелкните на сером треугольнике в левом верхнем углу листа, где пересекаются заголовки строк и столбцов (рядом с *A* и *1*). После щелчка по этому треугольнику любые изменения формата оказывают влияние на весь лист. Например, если после этого выбрать полужирный шрифт, во всех ячейках листа будет использоваться полужирный шрифт.

После выделения всего листа на вкладке **ГЛАВНАЯ** (HOME) в группе **Шрифт** (Font) щелкните на маленьком значке вызова диалогового окна с параметрами шрифта. Откроется диалоговое окно **Формат ячеек** (Format Cells), показанное на рис. 78.7. На вкладке **Защита** (Protection) снимите флажок **Защищаемая ячейка** (Locked) и нажмите кнопку **ОК**. Теперь все ячейки на листе разблокированы. Это означает, что даже если лист защищен, к ячейкам можно получить доступ.

Далее выделите все формулы на листе. Для этого нажмите клавишу <F5>, открывающую диалоговое окно **Переход** (Go To). Нажмите кнопку **Выделить** (Special), установите переключатель в положение **Формулы** (Formulas) и нажмите кнопку **ОК**. Снова откройте диалоговое окно **Формат ячеек** (Format Cells) и на вкладке **Защита** (Protection) установите флажок **Защищаемая ячейка** (Locked). Теперь этот флажок защищает все формулы.

Затем можно защитить лист, что предотвратит изменение формул каким-либо пользователем. На вкладке **РЕЦЕНЗИРОВАНИЕ** (REVIEW) в группе **Изменения** (Changes) выберите **Защитить лист** (Protect Sheet). В диалоговом окне **Защита листа** (Protect Sheet) установите флажок **выделение незаблокированных ячеек** (Select Unlocked Cells) — рис. 78.8. Это позволит пользователям шаблона выделять незаблокированные ячейки, но не формулы.

Теперь вы не сможете увидеть или изменить содержимое любой формулы. Попробуйте испортить какую-либо формулу! Полученный в результате защищенный лист сохранен в файле *Bstempprotected.xlsx*.

**Как с помощью ценообразования опционов компания может принимать более эффективные инвестиционные решения?**

Ценообразование опционов может повлиять на повышение эффективности долгосрочных инвестиций компании или на процесс принятия финансовых решений. Ис-



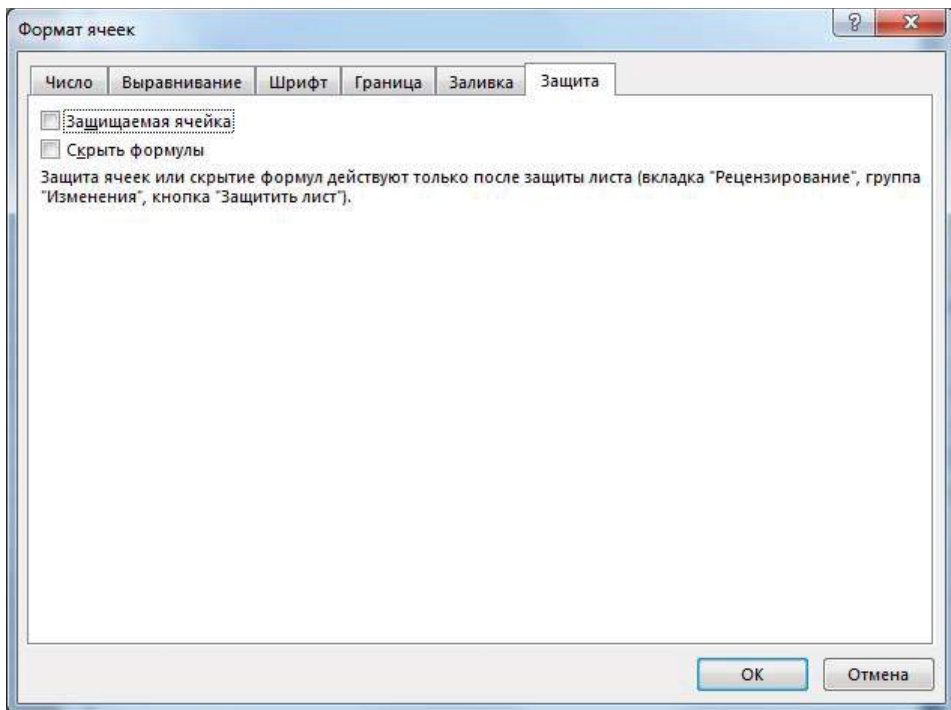
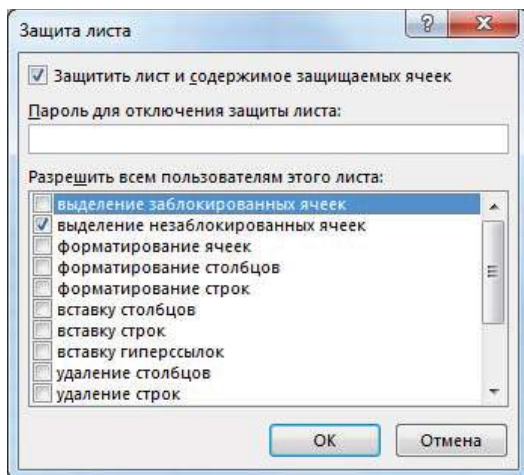
Рис. 78.7. Диалоговое окно **Формат ячеек**

Рис. 78.8. Обеспечение доступа пользователей к незаблокированным ячейкам

пользование ценообразования опционов для оценки фактических инвестиционных проектов называется *реальными опционами*. Идею реальных опционов приписывают Джуди Левен (Judy Lewent), в прошлом финансовому директору компании Merck. По существу, реальные опционы позволяют назначить явную цену для управленческой гибкости, которую часто упускают из вида при традиционном со-

ставлении плана долгосрочных инвестиций. Концепция реальных опционов демонстрируется на следующих двух примерах.

### **ПРИМЕЧАНИЕ**

Для получения дополнительной информации о реальных опционах см. книгу Люнбергера (Luenberger).

Пусть вы являетесь владельцем нефтяной скважиной. Сегодня наиболее правдоподобное предположение о стоимости нефти в скважине — 50 млн долларов. Через 5 лет (оставаясь владельцем скважины) вам предстоит принять решение о разработке нефтяной скважины, которая обойдется вам в 70 млн долларов. Бизнесмен с сомнительной репутацией готов купить скважину сегодня за 10 млн долларов. Следует ли продать скважину?

Безусловно, цена нефти через 5 лет может вырасти. Даже если предположить, что цена нефти будет расти на 5% в год, через 5 лет нефть будет стоить 63,81 млн долларов. Традиционный план долгосрочного инвестирования предполагает, что нефть обесценится, поскольку стоимость ее разработки превышает стоимость нефти в скважине. Но не торопитесь — через 5 лет цена нефти в скважине будет другой, т. к. многие вещи (такие как мировая цена на нефть) могут измениться. Существует вероятность, что через 5 лет нефть будет стоить не меньше 70 млн долларов. Если через 5 лет нефть будет стоить 80 млн долларов, разработка скважины через пять лет принесет 10 млн долларов.

По сути, вы владеете пятилетним европейским колл-опционом на эту скважину, т. к. выигрыш от скважины через 5 лет такой же, как выигрыш по европейскому колл-опциону с курсом акции 50 млн долларов, ценой исполнения 70 млн долларов и сроком опциона 5 лет. Можно предположить, что годовая волатильность подобна волатильности акции типичной нефтяной компании (например, 30%). Если использовать ставку по казначейскому векселю 5%, соответствующую безрисковой ставке 4,879%, в файле Oilwell.xlsx (рис. 78.9) можно определить, что цена такого колл-опциона составляет 11,47 млн долларов. Из этого следует, что вы не должны продавать скважину за 10 млн долларов.

Конечно, фактическая волатильность для этой нефтяной скважины неизвестна. По этой причине с помощью таблицы данных с одним входом определим, как цена опциона зависит от оценки волатильности (см. рис. 78.9). Как видно из таблицы, пока волатильность скважины составляет, по меньшей мере, 27%, опцион на нефтяную скважину стоит более 10 млн долларов.

В качестве второго примера рассмотрим биотехнологическую компанию по производству лекарств, разрабатывающую лекарственный препарат для фармацевтической фирмы. В биотехнологической компании в настоящее время предполагают, что цена разрабатываемого препарата составляет 50 млн долларов. Безусловно, цена лекарственного препарата со временем может понизиться. Для защиты от резкого падения цены биотехнологической компании требуется, чтобы препарат через 5 лет имел гарантированную цену 50 млн долларов. Если страховая компания собирается подписать такое обязательство, какая справедливая цена должна быть назначена?

	A	B	C	D	E	F	G	H
3								
4	Входные данные							
5	Курс акции	50						
6	Цена исполнения	70						
7	Срок опциона	5						
8	Процентная ставка	0,05						
9	Норма дивидендов	0					Волатильность	\$11,47
10	Волатильность	0,3					0,1	2,635248
11							0,11	3,064456
12				Прогноз			0,12	3,498668
13	Цена опциона колл			\$11,47			0,13	3,936575
14	Цена опциона пут			\$16,32			0,14	4,377212
15							0,15	4,819845
16							0,16	5,263906
17	Другие величины для цены опциона						0,17	5,708942
18	d1	0,2		N(d1)	0,5783		0,18	6,15459
19	d2	-0,47		N(d2)	0,318		0,19	6,600548
20							0,2	7,046562
21							0,21	7,492419
22							0,22	7,937931
23							0,23	8,382936
24							0,24	8,82729
25							0,25	9,270862
26							0,26	9,713537
27							0,27	10,15521
28							0,28	10,59577

Рис. 78.9. Реальный опцион на нефтяную скважину

	A	B	C	D	E	F	G	H
3								
4	Входные данные							
5	Курс акции	50						
6	Цена исполнения	50						
7	Срок опциона	5						
8	Процентная ставка	0,049						
9	Норма дивидендов	0					Волатильность	\$10,51
10	Волатильность	0,4					0,3	7,03399
11							0,31	7,383411
12				Прогноз			0,32	7,732875
13	Цена опциона колл			\$21,34			0,33	8,082211
14	Цена опциона пут			\$10,51			0,34	8,431265
15							0,35	8,779894
16							0,36	9,127966
17	Другие величины для цены опциона						0,37	9,475362
18	d1	0,72		N(d1)	0,764		0,38	9,821968
19	d2	-0,174		N(d2)	0,431		0,39	10,16768
20							0,4	10,51241
21							0,41	10,85605
22							0,42	11,19853
23							0,43	11,53976
24							0,44	11,87967
25							0,45	12,21819

Рис. 78.10. Вычисление опциона отказа от проекта

По существу, биотехнологическая компания запрашивает платеж в 1 млн долларов для каждого миллиона долларов, на который цена препарата упадет ниже уровня 50 млн долларов, через 5 лет. Это эквивалентно пятилетнему пут-опциону на цену лекарственного препарата. Предположим, что ставка по казначейскому векселю составляет 5% и годовая волатильность для акций сопоставимых компаний равна 40% (см. файл Drugabandon.xlsx, показанный на рис. 78.10), тогда цена этого опциона — 10,51 млн долларов. Такой тип опциона часто называют *опционом на отказ от проекта*, но он эквивалентен пут-опциону. (На рис. 78.10 таблица данных с одним входом показывает, как цена опциона отказа от проекта зависит от предполагаемой волатильности, составляющей 30—45% от цены лекарственного препарата.)

## Задания

1. На основе данных о ежемесячных доходах по акциям в файле Volatility.xlsx определите оценки годовой волатильности для акций Intel, Microsoft и GE.
2. Сегодня акция продается за 42 доллара. Годовая волатильность акции составляет 40%, а годовая безрисковая ставка равна 10%.
  - Какова справедливая цена шестимесячного европейского колл-опциона с ценой исполнения 40 долларов?
  - Насколько текущая цена акции должна вырасти, чтобы достичь уровня безубыточности через шесть месяцев, для покупателя колл-опциона?
  - Какова справедливая цена для шестимесячного европейского пут-опциона с ценой исполнения 40 долларов?
  - Насколько текущая цена акции должна снизиться, чтобы достичь уровня безубыточности через шесть месяцев, для покупателя пут-опциона?
  - При каком уровне волатильности 40-долларовый колл-опцион будет продаваться за 6 долларов? (Подсказка: воспользуйтесь инструментом **Подбор параметра** (Goal Seek).)
3. 25 сентября 2000 г. акция JDS Uniphase продавалась за 106,81 доллар. В тот же самый день 100-долларовый европейский пут-опцион, срок действия которого истек 20 января 2001 г., продавался за 11,875 долларов. На основе этой информации вычислите подразумеваемую волатильность для акции JDS Uniphase. Используйте 5%-ную ставку по казначейскому векселю.
4. 9 августа 2002 г. акция Microsoft продавалась за 48,58 долларов. 35-долларовый европейский колл-опцион, срок действия которого истек 17 января 2003 г., продавался за 13,85 долларов. Исходя из этой информации, вычислите подразумеваемую волатильность для акции Microsoft. Используйте 4%-ную ставку по казначейскому векселю.
5. Имеется опцион на покупку нового самолета через три года за 25 млн долларов. Текущая оценка цены самолета составляет 21 млн долларов. Годовая волатиль-

ность цены самолета — 25%, безрисковая ставка равна 5%. Сколько стоит опцион на покупку самолета?

6. Текущая цена меди составляет 95 центов за фунт. Годовая волатильность для цен на медь равна 20%, безрисковая ставка — 5%. Через год имеется возможность (но не обязательство) потратить 1,25 млн долларов на добычу 8 млн фунтов меди. Медь может быть продана по цене на медь через год. Добыча фунта меди из недр обходится в 85 центов. Какова цена этой ситуации?
7. Компания обладает авторскими правами на биотехнологический лекарственный препарат. Наилучшая оценка текущей цены на эти права составляет 50 млн долларов. Предположим, что годовая волатильность биотехнологических компаний составляет 90%, и безрисковая ставка равна 5%. Какова цена опциона на продажу прав на лекарственный препарат за 40 млн долларов через пять лет от текущего момента?
8. В компании Merck обсуждается вопрос о том, стоит ли инвестировать в новый биотехнологический проект. По оценке компании стоимость проекта составляет 56 млн долларов. Инвестирование в новый проект дает компании Merck возможность (но не обязательство) получить в собственность технологии, которые будут доступны через 4 года. Если компания Merck не примет участие в новом проекте, она не сможет получить более крупный проект. Для более крупного проекта через 4 года, начиная с текущего момента, потребуется 1,5 млрд долларов. В настоящее время компания Merck оценивает чистую приведенную стоимость денежных потоков для более крупного проекта в 597 млн долларов. Если безрисковая ставка равна 10% и годовая волатильность для более крупного проекта составляет 35%, как должна поступить компания Merck? (С решения этой задачи началась практика применения реальных опционов!)
9. Разработайте лист со следующими входными данными для расчета годовой прибыли:
  - ежегодные постоянные затраты;
  - себестоимость единицы продукции;
  - цена за единицу продукции;
  - годовой спрос =  $10\,000 - 100 \times (\text{цена})$ .

Защитите ячейки, в которых вычисляется годовой спрос и годовая прибыль.

# Определение ценности клиента

### Обсуждаемые вопросы

- ◆ Компания, работающая с кредитными картами, в настоящее время имеет коэффициент сохранения клиентов 80%. Насколько возрастет прибыльность компании, если коэффициент сохранения клиентов увеличится до 90% и выше?
- ◆ Междугородная телефонная компания предоставляет клиентам конкурентов стимул для смены компании. Насколько значительным должен быть стимул?

Многие компании недооценивают своих клиентов. При оценке клиентов компания должна учитывать чистую приведенную стоимость (ЧПС) для долгосрочной прибыли, которую принесет клиент. (Дополнительную информацию о чистой приведенной стоимости см. в главе 7.) Отказ от учета долгосрочной значимости клиента часто является причиной принятия компанией неправильного решения. Например, компания может сократить штат обслуживания клиентов на 10% для экономии 1 млн долларов, но в результате снижение качества обслуживания может привести к потере более 1 млн долларов в ценности клиента, что в итоге скажется на прибыльности компании. Способы определения ценности клиента рассматриваются на следующих двух примерах.

### Ответы на вопросы

---

В этом разделе приведены ответы на вопросы, указанные в начале главы.

**Компания, работающая с кредитными картами, в настоящее время имеет коэффициент сохранения клиентов 80%. Насколько возрастет прибыльность компании, если коэффициент сохранения клиентов увеличится до 90% и выше?**

Этот пример основан на книге Фредерика Райхельда "Эффект лояльности" (Frederick Reichheld. *The Loyalty Effect*. — Harvard Business School Press, 2001). Данные к примеру находятся в файле *Loyalty.xlsx* (рис. 79.1). Райхельд оценивает прибыльность клиента-держателя кредитной карты на основе количества лет, в течение которых клиент является держателем карты. Например, в течение первого года держатель карты создает прибыль –40 долларов, что является результатом затрат на привлечение клиента и затрат на создание счета клиента. В течение каждого последующего года прибыль, приносимая клиентом, увеличивается, и клиент, являющийся держателем карты 20 лет и больше, приносит прибыль 161 доллар в год.

	A	B	C	D	E	F	G
4				чис с клиента	141,7181		
5							
6		коэфф_сохран_клиентов	0,8				
7		процентная ставка	0,15				
8	Год	Средняя прибыль (если есть)	Количество	Прибыль		коэфф.сохранения клиентов	141,7181
9	1	(\$40,00)	100	(\$4 000,00)		0,8	141,7181
10	2	\$66,00	80	\$5 280,00		0,85	193,1495
11	3	\$72,00	64	\$4 608,00		0,9	269,3474
12	4	\$79,00	51,2	\$4 044,80		0,95	390,7125
13	5	\$87,00	40,96	\$3 563,52		0,99	548,5771
14	6	\$92,00	32,768	\$3 014,66			
15	7	\$96,00	26,2144	\$2 516,58			
16	8	\$99,00	20,97152	\$2 076,18			
17	9	\$103,00	16,777216	\$1 728,05			
18	10	\$106,00	13,4217728	\$1 422,71			
19	11	\$111,00	10,73741824	\$1 191,85			
20	12	\$116,00	8,589934592	\$996,43			
21	13	\$120,00	6,871947674	\$824,63			
22	14	\$124,00	5,497558139	\$681,70			
23	15	\$130,00	4,398046511	\$571,75			
24	16	\$137,00	3,518437209	\$482,03			
25	17	\$142,00	2,814749767	\$399,69			
26	18	\$148,00	2,251799814	\$333,27			

Рис. 79.1. Ценность клиентов-держателей кредитных карт

Компаниям, работающим с кредитными картами, необходимо определить зависимость ценности клиента от коэффициента сохранения клиентов в компании. В настоящее время коэффициент сохранения клиентов составляет 80%. Это означает, что в конце каждого года 20% ( $1 - 0,80$ ) всех клиентов не возобновляют свои карты. (Эти 20% клиентов могут быть названы *годовым коэффициентом "текучести" клиентов*.) Компании, работающей с кредитными картами, необходимо определить долгосрочную ценность клиента для следующих значений коэффициента сохранения клиентов: 80, 85, 90, 95 и 99%.

Для определения долговременной ценности клиента начнем, например, с когорты из 100 клиентов. (*Когорта* — это группа лиц, имеющих общий статистический показатель. Размер группы, 100 человек, здесь выбран произвольно, но круглые числа позволяют не отвлекаться от анализа.) Затем для каждого года определим, сколько клиентов остается клиентами компании, по формуле (клиенты для года  $t + 1$ ) = (коэффициент сохранения клиентов)  $\times$  (клиенты для года  $t$ ). Будем считать, что клиенты уходят только в конце каждого года. Затем с помощью функции ЧПС (NPV) определим общую ЧПС (с учетом 15%-ной ставки дисконта), полученную от исходной когорты из 100 клиентов. 15%-ная ставка дисконта означает, что 1 доллар, заработанный через год от текущего момента, стоит так же, как 1,00/1,15 доллар сейчас. Разделив это число на количество клиентов в исходной когорте (100), получим ценность отдельного клиента.

Прежде всего, присвойте имена, указанные в диапазоне ячеек B6:B7, диапазону ячеек C6:C7. Введите исходное количество клиентов (100) в ячейку C9. Затем скопируйте формулу =коэфф\_сохран\_клиентов\*C9 из ячейки C10 в ячейки C11:C38 для вычисления количества клиентов, оставшихся на следующий год. Например, на второй год осталось 80 клиентов.

Вычислите прибыль, заработанную каждый год, путем умножения количества оставшихся клиентов на прибыль от каждого клиента. Для этого скопируйте формулу =C9\*B9 из ячейки D9 в D10:D38. В ячейке E4 вычислите среднюю ЧПС, полученную с отдельного клиента, по формуле  $= (1 + \text{процентная\_ставка}) * \text{ЧПС}(\text{процентная\_ставка}; D9:D38) / 100$ . Предположим, что денежные потоки рассчитываются на начало года и годовая ставка дисконта равна 15%. Часть формулы  $\text{ЧПС}(\text{процентная\_ставка}; D9:D38) / 100$  вычисляет среднюю ЧПС, полученную от отдельного клиента, для денежных потоков на конец года. ЧПС для денежных потоков на конец года преобразуются в ЧПС для денежных потоков на начало года путем умножения на  $(1 + \text{процентная\_ставка})$ .

При коэффициенте сохранения клиентов 80% ценность среднего клиента составляет 141,72 долларов. Для определения зависимости изменения ценности отдельного клиента от изменения годового коэффициента сохранения клиентов воспользуйтесь таблицей данных с одним входом. Введите в ячейки F9:F13 соответствующие годовые коэффициенты сохранения клиентов. В ячейку G8 введите формулу =E4, по которой с помощью таблицы будет рассчитываться ЧПС для отдельного клиента. Выделите таблицу (F8:G13), затем на вкладке **ДАННЫЕ** (DATA) в группе **Работа с данными** (Data Tools) в списке **Анализ "что если"** (What If Analysis) выберите **Таблица данных** (Data Table). Укажите в поле **Подставлять значения по строкам в** (column input cell) ячейку C6. Расчеты ЧПС представлены на рис. 79.1. Обратите внимание, что повышение коэффициента сохранения клиентов с 80 до 90% почти удваивает ценность каждого клиента, что говорит "за" вежливое обращение с такими клиентами и "против" экономии на обслуживании клиентов. Осознание ценности клиента предоставляет большинству компаний ключ к повышению прибыльности.

### **Междугородная телефонная компания предоставляет клиентам конкурентов стимул для смены компании. Насколько значительным должен быть стимул?**

Междугородная телефонная компания, средний клиент которой тратит 400 долларов в год, получает 10% прибыли с каждого потраченного доллара. В конце каждого года 50% клиентов компании переходят к конкурентам и 30% клиентов конкурентов без всякого стимула переходят в эту компанию. Компания рассматривает вопрос о предоставлении клиентам конкурентов одноразовый стимул для смены компании. Насколько значительным может быть стимул без убытка для компании?

Ключом к решению этой проблемы (см. файл Phoneloyalty.xlsx и рис. 79.2) является внимательное изучение ЧПС для двух ситуаций.

- ◆ **Ситуация 1.** Сто клиентов подключаются к конкурентам.
- ◆ **Ситуация 2.** Компания платит ста клиентам конкурентов определенную сумму за переход.

Для отслеживания каждой ситуации в течение определенного времени (например, в течение 20 лет) можно с помощью инструмента **Подбор параметра** (Goal Seek) определить сумму  $x$  в долларах (выплачиваемую клиенту за переход в компанию), что позволяет не проявлять беспокойства в следующих двух ситуациях.



- ◆ **Ситуация 1.** Компания просто платит каждому из ста нелояльных клиентов  $x$  долларов за переход.
- ◆ **Ситуация 2.** Рынок состоит из ста нелояльных клиентов.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
2	стимул	34,221927			платить-не платить	0			
3	вероятность_ухода	0,5							
4	вероятность_прихода	0,3							
5	годовая выручка	400	ЧПС	13674,4			13674,36		
6	коэфф_прибыльности	0,1		Платить им			Не платить им		
7		Дата	Год	Кол-во с нами	Кол-во с ними	Прибыль	Кол-во с нами	Кол-во с ними	Прибыль
8		начальн.							
9		30.06.2014	1	100	0	577,81	30	70	1200
10		30.06.2015	2	50	50	2000	36	64	1440
11		30.06.2016	3	40	60	1600	37,2	62,8	1488
12		30.06.2017	4	38	62	1520	37,44	62,56	1498
13		30.06.2018	5	37,6	62,4	1504	37,488	62,512	1500
14		30.06.2019	6	37,52	62,48	1500,8	37,4976	62,502	1500
15		30.06.2020	7	37,504	62,496	1500,2	37,49952	62,5	1500
16		30.06.2021	8	37,5008	62,4992	1500	37,4999	62,5	1500
25		30.06.2030	17	37,5	62,5	1500	37,5	62,5	1500
26		30.06.2031	18	37,5	62,5	1500	37,5	62,5	1500
27		30.06.2032	19	37,5	62,5	1500	37,5	62,5	1500
28		30.06.2033	20	37,5	62,5	1500	37,5	62,5	1500

Рис. 79.2. Анализ стимула для телефонной компании

Предположим, что анализ начинается 30 июня 2014 г. и клиенты меняют компанию не чаще одного раза в год. Присвойте имена, указанные в ячейках A2:A6, ячейкам B2:B6. Ключевым шагом анализа является понимание того, что (клиенты компании в год  $t + 1$ ) =  $0,3 \times$  (клиенты конкурентов в год  $t$ ) +  $0,5 \times$  (клиенты компании в год  $t$ ). Аналогично (клиенты конкурентов в год  $t + 1$ ) =  $0,7 \times$  (клиенты конкурентов в год  $t$ ) +  $0,5 \times$  (клиенты компании в год  $t$ ).

Введите 100 в ячейку D9 (клиенты компании) и 0 в ячейку E9 (клиенты конкурентов). Такое распределение клиентов соответствует ситуации сразу после того, как стимул был предложен 100 клиентам. Предположим, что клиенты, получившие стимул, должны оставаться клиентами компании, по крайней мере, один год. Скопируйте формулу  $= (1 - \text{вероятность\_ухода}) * D9 + \text{вероятность\_прихода} * E9$  из ячейки D10 в D11:D28 для вычисления количества клиентов в каждом году. (На рис. 79.2 данные для 2022—2029 гг. скрыты.) Вычислите количество клиентов конкурентов в каждом году по формуле  $= \text{вероятность\_ухода} * D9 + (1 - \text{вероятность\_прихода}) * E9$ , скопировав ее из E10 в E11:E28.

В ячейке F9 вычислите прибыль, полученную за первый год, по формуле  $= D9 * \text{годовая\_выручка} * \text{коэфф\_прибыльности} - \text{стимул} * 100$ . Обратите внимание, что из прибыли вычтена сумма, выплаченная 100 клиентам за переход в компанию от конкурентов. Для вычисления прибыли в последующие годы скопируйте формулу  $= D10 * \text{годовая\_выручка} * \text{коэфф\_прибыльности}$  из F10 в F11:F28. В ячейке D5 вычислите ЧПС прибыли, связанной со стимулом, по формуле  $= \text{ЧИСТНЗ}(0, 1; F9:F28; B9:B28)$ . (Функция ЧИСТНЗ (XNPV) рассмотрена в главе 7.)

Аналогичным образом, в ячейках  $G8:I28$  вычислите прибыль, полученную для случая, когда 100 клиентов первоначально были подключены к конкурентам. 30 июня 2014 г. 30 из этих 100 клиентов перешли в компанию (даже без стимула). В ячейке  $F2$  вычислите разницу между ЧПС со стимулом и ЧПС без стимула.

Наконец, с помощью инструмента **Подбор параметра** (Goal Seek) варьируйте размер стимула (ячейка  $B2$ ) для установки в 0 значения ячейки  $F2$ . Диалоговое окно **Подбор параметра** (Goal Seek) показано на рис. 79.3. ЧПС для двух ситуаций одинакова, если размер стимула составляет 34,22 доллара. Таким образом, компания могла бы предоставлять клиенту стимул в размере 34,22 долларов за переход и по-прежнему иметь повышенную прибыль.

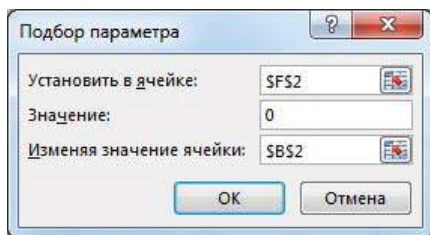


Рис. 79.3. Диалоговое окно **Подбор параметра** для определения максимального размера стимула, повышающего прибыль

## Задания

1. Компания Whirlswim Appliance рассматривает возможность предоставить каждому своему клиенту бесплатное техническое обслуживание для каждого проданного DVD-плеера. Компания считает, что это предложение потребует заплатить в среднем 2,50 долларов за каждый проданный сегодня DVD-плеер (стоимость в сегодняшних долларах). В настоящее время рынок состоит из 72 000 потребителей, последняя покупка которых состоялась в компании Whirlswim, и из 86 000 потребителей, которые последний раз покупали у конкурентов компании. В указанном году 40% всех потребителей приобретают DVD-плеер. Если последняя покупка потребителя была в Whirlswim, с вероятностью 60% его следующая покупка также состоится в Whirlswim. Если последняя покупка была не в Whirlswim, с вероятностью 30% следующая покупка состоится в Whirlswim. Покупка в текущем году дает прибыль 20 долларов. Вклад в прибыль от покупателя (и расходы на техническое обслуживание для каждого покупателя) растет на 5% в год. Коэффициент дисконтирования для прибыли (относительно 30-летнего горизонта) составляет 10% в год.

Предположим, что компания предоставляет бесплатное техническое обслуживание. Если последняя покупка клиента была в Whirlswim, вероятность того, что следующая покупка клиента будет в Whirlswim, увеличится на неизвестную величину в пределах от 0 до 10%. Аналогично, если компания предоставляет бесплатное техническое обслуживание, и последняя покупка клиента была не

в Whirlswim, вероятность того, что следующая покупка будет в Whirlswim, увеличится на неизвестную величину в пределах от 0 до 10%. Следует ли компании Whirlswim принять политику бесплатного технического обслуживания?

2. Супермаркет "Mr. D" пытается определить, следует ли предоставить своим клиентам карту клиента. В настоящее время 30% всех покупателей лояльны к супермаркету "Mr. D". Лояльный клиент покупает в "Mr. D" в 80% случаев. Нелояльный к "Mr. D" клиент покупает в этом супермаркете в 10% случаев. Типичный покупатель тратит 150 долларов в неделю, и супермаркет "Mr. D" работает из 4% прибыли.

Карта клиента обойдется супермаркету "Mr. D" в среднем 0,01 доллара на каждый потраченный доллар. Вы считаете, что доля лояльных к "Mr. D" покупателей увеличится на неизвестную величину в пределах от 2 до 10%. Вы также считаете, что доля случаев, когда лояльный клиент покупает в "Mr. D", увеличится на неизвестную величину в пределах от 2 до 12%. Следует ли супермаркету "Mr. D" предоставлять клиентам карту клиента? Следует ли супермаркету "Mr. D" предоставлять карту, если прибыль составляет 8%, а не 4%?

# Оптимальный размер заказа в модели управления запасами

### Обсуждаемые вопросы

- ◆ Магазин электроники продает 10 000 мобильных телефонов в год. Каждый раз при размещении заказа на поставку мобильных телефонов магазин несет расходы в размере 10 долларов за заказ. Магазин платит 100 долларов за каждый мобильный телефон, и стоимость хранения телефона в запасе в течение года предположительно составляет 20 долларов. Когда магазин заказывает мобильные телефоны, каким должен быть размер заказа?
- ◆ Завод-производитель компьютеров производит 10 000 серверов в год. Себестоимость производства каждого сервера составляет 2000 долларов. Стоимость организации производства партии серверов составляет 200 долларов, а стоимость хранения сервера в запасе в течение года — 500 долларов. При необходимости завод может производить 25 000 серверов в год. Каким должен быть размер партии при производстве серверов?

Когда магазин заказывает товар многократно, возникает естественный вопрос: какое количество товара магазин должен заказывать каждый раз? Если магазин закажет слишком много товара, возникнут непомерные запасы и затраты на их хранение. Если магазин закажет слишком мало товара, возникнут чрезмерные затраты на размещение заказов. Где-то должна находиться золотая середина, которая сводит к минимуму сумму годовых затрат на хранение запасов и затрат на размещение заказов.

Таким же образом рассмотрим завод, производящий продукцию партиями. Какой размер партии сводит к минимуму сумму годовой стоимости хранения запасов и затрат на организацию производства партии продукции? В данной главе на двух примерах показано, как формула оптимального размера заказа (предложенная в 1913 г. Ф. Харрисом (F. Harris) из Westinghouse Corporation) позволяет ответить на эти вопросы.

### Ответы на вопросы

---

В этом разделе приведены ответы на вопросы, перечисленные в начале главы.

**Магазин электроники продает 10 000 мобильных телефонов в год. Каждый раз при размещении заказа на поставку мобильных телефонов магазин несет расходы в размере 10 долларов за заказ. Магазин платит 100 долларов за каждый**

мобильный телефон, и стоимость хранения телефона в запасе в течение года предположительно составляет 20 долларов. Когда магазин заказывает мобильные телефоны, каким должен быть размер заказа?

Размер заказа, сводящий к минимуму сумму годовых затрат на хранение запасов и затрат на организацию производства, может быть определен после того, как станут известны следующие параметры:

- ◆  $K$  — затраты на размещение заказа;
- ◆  $h$  — затраты на хранение единицы продукции в течение года;
- ◆  $D$  — годовой спрос на продукт.

Работа с этими параметрами представлена в файле Eoq.xlsx на листе EoQ (рис. 80.1).

	A	B	C
1			
2	затраты на заказ	K	10
3	годовые затраты на хранение единицы продукции	h	20
4	годовой спрос	D	10000
5	размер заказа	EOQ	100
6	затраты на хранение в год	annhc	\$ 1 000,00
7	затраты на размещение заказов в год	annoc	\$ 1 000,00
8	общие годовые затраты (исключая закупки)	anncost	\$ 2 000,00
9	заказов в год	annorders	100

Рис. 80.1. Шаблон для вычисления оптимального размера заказа (EOQ)

Пусть  $q$  — размер заказа, тогда годовые затраты на его хранение равны  $0,5qh$ . (Назовем это уравнение уравнением 1.) Уравнение 1 имеет такой вид, потому что средний уровень запасов ( $0,5q$ ) составляет половину от максимального уровня запасов. Для выяснения того, почему средний уровень запасов равен  $0,5q$ , можно вычислить средний уровень запасов для цикла (период времени между прибытием заказов). В начале цикла заказ прибывает, и уровень запасов равен  $q$ . В конце цикла все распродано, и уровень запасов равен 0. Поскольку спрос имеет постоянную интенсивность, средний уровень запасов в течение цикла просто равен среднему для 0 и  $q$  или  $0,5q$ . Максимальный уровень запасов равен  $q$ , т. к. подразумевается, что заказы пребывают в тот момент, когда уровень запасов снижается до 0.

Поскольку в год размещается  $D/q$  заказов, годовые затраты на размещение заказов равны  $(D/q) \times K$ . (Назовем это уравнение уравнением 2.) С помощью инструмента Excel **Поиск решения** (Solver) можно показать, что годовая сумма затрат на хранение и размещение заказов минимальна для значения  $q$ , равного оптимальному размеру заказа EOQ, который вычисляется по следующей формуле (уравнение 3):

$$EOQ = \sqrt{\frac{2KD}{h}}$$

Как показывает эта формула:

- ◆ увеличение спроса или затрат на размещение заказа увеличивает EOQ;
- ◆ увеличение затрат на хранение уменьшает EOQ.

В файле Eoq.xlsx по уравнению 3 определите EOQ в ячейке c5. Определите годовые затраты на хранение в ячейке c6 по уравнению 1. Вычислите годовые затраты на размещение заказов в ячейке c7 по уравнению 2. Обратите внимание, что для оптимального размера заказа EOQ годовые затраты на размещение заказов всегда равны годовым затратам на хранение. В ячейке c8 определите общие годовые затраты (без учета стоимости приобретения, которая не зависит от стратегии размещения заказов) по формуле  $=c6+c7$ .

Безусловно, для определения чувствительности EOQ и затрат к изменению  $K$ ,  $h$  и  $D$  можно воспользоваться таблицей данных с одним или двумя входами. В данном примере  $K = 10$  долларов,  $D = 10\,000$  мобильных телефонов в год и  $h = 20$  долларов за хранение одного телефона. После ввода этих значений в ячейки c2:c4 получим следующее:

- ◆ размер каждого заказа должен быть равен 100 мобильным телефонам;
- ◆ и годовые затраты на хранение, и затраты на размещение заказов составляют по 1000 долларов. Для оптимального размера заказа годовые затраты на хранение всегда равны годовым затратам на размещение заказов;
- ◆ общие годовые затраты (без учета затрат на приобретение) составляют 2000 долларов.

При работе с моделью оптимального размера заказа необходимо учесть следующее.

- ◆ Наличие оптовых скидок делает недействительным оптимальный размер заказа, поскольку тогда годовые затраты на приобретение зависят от размера заказа.
- ◆ Оптимальный размер заказа предполагает, что спрос имеет относительно постоянную интенсивность в течение года. Оптимальный размер заказа не следует использовать для продуктов, на которые существует сезонный спрос.
- ◆ Предполагается, что годовые затраты на хранение, как правило, составляют 10—40% от затрат на приобретение единицы продукции.
- ◆ Лист Eoq Protected в файле Eoq.xlsx — это защищенная версия листа Eoq. Когда лист защищен, изменения в формулы внести невозможно. (Дополнительную информацию о том, как защитить лист, см. в главе 78.)

### **ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ**

Дополнительную информацию о построении моделей управления запасами см. в книге Уэйна Винстона (Wayne L. Winston. *Operations Research: Applications and Algorithms*. — Duxbury Press, 2007).

**Завод-производитель компьютеров производит 10 000 серверов в год. Себестоимость производства каждого сервера составляет 2000 долларов. Стоимость организации производства партии серверов составляет 200 долларов, а стоимость хранения сервера в запасе в течение года — 500 долларов. При необходимости завод может производить 25 000 серверов в год. Каким должен быть размер партии при производстве серверов?**

Модель оптимального размера заказа предполагает, что после размещения заказа заказ прибывает моментально. Когда компания производит продукт, а не заказыва-

ет его, заказ должен быть произведен и не может прибыть мгновенно. В таких ситуациях вместо вычисления размера заказа, сводящего затраты к минимуму, необходимо определить размер партии, сводящей затраты к минимуму. Когда компания производит продукцию, а не закупает ее извне, размер партии, сводящей затраты к минимуму, зависит от следующих параметров:

- ◆  $K$  — затраты на организацию производства партии продукта;
- ◆  $h$  — затраты на хранение единицы продукции в запасе в течение года;
- ◆  $D$  — годовой спрос на продукт;
- ◆  $R$  — годовой показатель производства продукта. Например, IBM может произвести 25 000 серверов в год.

Пусть  $q$  — размер каждой партии продукта, тогда годовые затраты на хранение равны  $0,5 \times (q/R) \times (R - D) \times h$ . (Назовем это уравнение уравнением 4.) Уравнение 4 имеет такой вид, потому что производство каждой партии продолжается  $q/R$  лет, и во время производственного цикла запас увеличивается как  $R - D$ . Максимальный уровень запасов, который имеет место после завершения производства партии, можно вычислить как  $(q/R) \times (R - D)$ . Таким образом, средний уровень запасов равен  $0,5 \times (q/R) \times (R - D)$ .

Поскольку в год производится  $D/q$  партий, годовые затраты на организацию производства равны  $KD/q$  (назовем это уравнением 5). С помощью инструмента Excel **Поиск решения** (Solver) можно показать, что размер партии, сводящей к минимуму сумму годовых затрат на организацию производства и годовых затрат на хранение, вычисляется по следующему уравнению (уравнение 6). Эта модель называется оптимальным размером партии (EOB):

$$\text{EOB} = \sqrt{\frac{2KDR}{h(R-D)}}$$

Исходя из этой формулы, можно определить следующее:

- ◆ увеличение  $K$  или  $D$  увеличивает оптимальный размер партии;
- ◆ увеличение  $h$  или  $R$  уменьшает оптимальный размер партии.

В файле Contrateeoq.xlsx на листе Cont Rate EoQ создан шаблон для определения оптимального размера партии (EOB), годовых затрат на организацию производства и затрат на хранение. Этот лист показан на рис. 80.2.

	A	B	C
2	затраты на партию	K	\$ 200,00
3	годовые затраты на хранение единицы продукции	h	\$ 500,00
4	годовой спрос	D	10000
5	годовой показатель производства	rate	25000
6	размер партии	EOB	115,470054
7	затраты на хранение в год	annhc	\$17 320,51
8	затраты организацию производства в год	annoc	\$17 320,51
9	общие годовые затраты (исключая перемен.затраты)	anncost	\$34 641,02
10	партий в год	annbatches	86,6025404

Рис. 80.2. Шаблон для вычисления оптимального размера партии (EOB)

Для этого примера  $K = 200$  долларов,  $h = 500$  долларов,  $D = 10\,000$  единиц в год и  $R = 25\,000$  единиц в год. После ввода значений этих параметров в ячейки c2:c5 получим следующее.

- ◆ Размер партии, сводящей к минимуму затраты, составляет 115,47 шт. Таким образом, компания должна произвести 115 или 116 серверов в каждой партии.
- ◆ Годовые затраты на хранение и на организацию производства составляют по 17 320,51 доллар. Как и в предыдущем случае, для оптимального размера партии годовые затраты на хранение всегда равны годовым затратам на организацию производства.
- ◆ Общие годовые затраты (без учета переменных затрат на производство) составляют 34 641,02 доллар.
- ◆ В год производится 86,6 партии.

При работе с моделью оптимального размера партии необходимо учесть следующее.

- ◆ Если переменные затраты на производство единицы продукции зависят от размера партии, модель оптимального размера партии является недействительной.
- ◆ Модель оптимального размера партии предполагает, что спрос имеет относительно постоянную интенсивность в течение года. Эту модель не следует использовать для продукции, на которую существует сезонный спрос.
- ◆ Предполагается, что годовые затраты на хранение, как правило, составляют 10—40% от затрат на производство единицы продукции.
- ◆ Лист *Protected* в файле *Contrateeq.xlsx* — это защищенная версия листа *ЕОВ*. Дополнительную информацию о том, как защитить лист, см. в главе 78.

## Задание

1. Магазин бытовой техники продает телевизоры высокой четкости. Годовой спрос оценивается в 1000 единиц. Стоимость хранения одного телевизора в течение года составляет 500 долларов, а стоимость размещения заказа на телевизоры — 400 долларов.
  - Сколько телевизоров следует заказывать каждый раз при размещении заказа?
  - Сколько заказов в год должно быть размещено?
  - Каковы годовые затраты на хранение и размещение заказов?
2. Предположим, что компания *Waterford Crystal* может произвести до 100 кувшинов для чая со льдом в день. Далее предположим, что завод открыт 250 дней в году и годовой спрос составляет 20 000 кувшинов. Стоимость хранения кувшина в течение года может составить 10 долларов, а стоимость организации производства кувшинов для чая со льдом — 40 долларов.
  - Каков рекомендуемый размер партии для кувшинов?
  - Сколько партий в год должно быть произведено?
  - Каковы годовые затраты на организацию производства и хранения кувшинов для чая со льдом?





# Построение моделей управления запасами для неопределенного спроса

### Обсуждаемые вопросы

- ◆ При каком уровне запасов следует размещать заказ, если необходимо свести к минимуму потери от дефицита и годовые затраты на хранение запасов и размещение заказов?
- ◆ Что означает термин "95-процентный уровень обслуживания"?

В главе 80 показано, как определить оптимальный размер заказа и оптимальный размер партии производимого продукта. В примерах предполагалось, что спрос на продукт имел постоянную интенсивность. Таким образом, если годовой спрос составлял, например, 1200 единиц в год, ежемесячный спрос был равен 100 единицам. Пока спрос возникает с относительным постоянством, оптимальный размер заказа является достаточно хорошим приближением для размера заказа, сводящего затраты к минимуму.

В действительности спрос в любой период времени точно не известен. Когда спрос не определен, возникает естественный вопрос, насколько можно снизить уровень запасов до того, как разместить заказ. Уровень запасов, при котором заказ должен быть размещен, называется *точкой заказа*. Очевидно, что высокая точка заказа снизит потери от дефицита и увеличит затраты на хранение. Аналогично, низкая точка заказа увеличит потери от дефицита и снизит затраты на хранение. В некой промежуточной точке заказа сумма потерь от дефицита и затрат на хранения будет минимальной. В первом примере этой главы показано, как определить точку заказа, сводящую к минимуму ожидаемые потери от дефицита и затраты на размещение заказов и хранение запасов, на основе двух следующих предположений.

- ◆ Каждая недостающая единица продукции является невыполненным заказом клиента, и компания несет потери от дефицита  $C_B$ . Эти потери в первую очередь являются показателем неудовлетворенности клиента, вызванной несвоевременным получением заказанной продукции.
- ◆ Каждая недостающая единица продукции приводит к упущенному сбыту, и компания несет потери  $C_{LS} > C_B$ . Потери упущенного сбыта включают прибыль, не полученную вследствие упущенного сбыта, а также потери от дефицита, входящие в  $C_B$ .

Во втором примере показано, как определить оптимальную точку заказа на основе уровня обслуживания. Например, 95%-ный уровень обслуживания означает, что

точка заказа устанавливается на уровне, обеспечивающем в среднем удовлетворение 95% всего спроса в срок. Как правило, стоимость потерь от дефицита и в случае невыполненного заказа, и в случае упущенного сбыта определить трудно. По этой причине большинство компаний подходит к установке точек заказов на основе уровня обслуживания.

### ПРИМЕЧАНИЕ

На сопутствующем этой книге веб-сайте в примеры для моделей невыполненного заказа и упущенного сбыта включены листы с названием `Protected`, на которых все формулы защищены. Эти листы могут служить шаблонами для выполнения примеров.

## Ответы на вопросы

В этом разделе приведены ответы на вопросы, перечисленные в начале главы.

**При каком уровне запасов следует размещать заказ, если необходимо свести к минимуму потери от дефицита и годовые затраты на хранение запасов и размещение заказов?**

Как указано в *главе 80*, оптимальный размер заказа зависит от следующих параметров:

- ◆  $K$  — затраты на размещение заказа;
- ◆  $h$  — затраты на хранение одной единицы продукции в запасе в течение года;
- ◆  $D$  — годовой спрос на продукт. Поскольку теперь спрос точно не известен, пусть  $D$  обозначает ожидаемый годовой спрос на продукт.

## Невыполненный заказ

Данные для этого примера находятся в файле `Reorderpoint_backorder.xlsx` (рис. 81.1). Сначала предположим, что каждый дефицит приводит к задержке заказа. Другими словами, дефицит не приводит к упущенному сбыту. Также подразумевается, что каждая недостающая единица продукции приводит к потерям от дефицита  $C_B$ . В этом случае точка заказа зависит от следующих величин:

- ◆ EOQ — оптимальный размер заказа (количество, заказываемое каждый раз при размещении заказа);
- ◆  $K$  — затраты на размещение заказа;
- ◆  $h$  — годовые затраты на хранение единицы продукции;
- ◆  $D$  — среднегодовой спрос;
- ◆ SOC — потери от недостающей единицы продукции;
- ◆ `annsig` — стандартное отклонение годового спроса;
- ◆ `meanLT` — среднее время на выполнение нового заказа, т. е. среднее время между размещением и получением заказа;
- ◆ `sigmaLT` — стандартное отклонение времени на выполнение нового заказа.

	A	B	C
2	затраты на размещение заказа	K	\$ 50,00
3	годовые затраты на хранение единицы продукции	h	\$ 10,00
4	среднегодовой спрос	D	1000
5	размер заказа	EOQ	100
6	заказов в год	annorders	10
7	потери от недостающей единицы продукции	SOC	\$ 20,00
8	стандартное отклонение годового спроса	annsig	40,8
9	среднее время на выполнение нового заказа	meanLT	0,0384615
10	станд.отклон. времени на выполнение нового заказа	sigmaLT	0
11	средний спрос за время выполнения нов. заказа	meanLTD	38,461538
12	станд.отклон.спроса за время выполн. нов. заказа	sigmaLTD	8,0015383
13	вероятность дефицита	probout	0,05
14	точка заказа	RP	51,622898
15	страховой запас	SS	13,161359

Рис. 81.1. Определение точки заказа для случая невыполнения заказа из-за дефицита

Предположим, что универмаг старается определить оптимальную политику хранения для заказанных электрических миксеров. Он располагает следующей информацией:

- ◆ размещение заказа на миксеры стоит 50 долларов;
- ◆ хранение миксера в запасе в течение года стоит 10 долларов;
- ◆ в среднем универмаг продает 1000 миксеров в год;
- ◆ все клиенты, которые пытаются приобрести миксеры, когда они уже распроданы, возвращаются позже и покупают миксеры, когда они есть на складе. Универмаг получает штраф в размере 20 долларов за каждую единицу дефицита;
- ◆ годовой спрос на миксеры (на основе исторических данных) имеет стандартное отклонение 40,8;
- ◆ время на выполнение нового заказа всегда составляет две недели (0,038 года), со стандартным отклонением 0.

После ввода  $K$ ,  $h$  и  $D$  в ячейки  $c2:c4$  в ячейке  $c5$  вычисляется оптимальный размер заказа (100 миксеров). После ввода значений SOC, annsig, meanLT и sigmaLT в ячейки  $c7:c10$  в ячейке  $c14$  вычисляется точка заказа, сводящая к минимуму сумму ожидаемых годовых затрат на хранение и потерь от дефицита (51,63 миксера). Таким образом, универмаг должен заказывать по 100 миксеров, как только запасы понизятся до 51,62 (или 52) миксеров.

Уровень страхового запаса, связанный с заданной точкой заказа, равен

(точка заказа) – (средний спрос за время выполнения нового заказа).

Универмаг поддерживает уровень страхового запаса  $51,62 - 38,46 = 13,16$  миксера, вычисленный в ячейке  $c15$ . По существу, страховой запас всегда находится на складе, что приводит к дополнительным затратам на хранение. Высокий уровень страхового запаса, безусловно, уменьшает дефицит.

## Упущенный сбыт

Теперь предположим, что каждый дефицит приводит к упущенному сбыту. Потери, связанные с упущенным сбытом, как правило, оцениваются как штраф за невыполненный заказ плюс прибыль, связанная с проданной единицей продукции. Предположим, что универмаг получает 20 долларов прибыли от продажи каждого миксера. Тогда потери от дефицита для случая упущенного сбыта составляют 40 долларов (20 долларов упущенной прибыли + 20 долларов штрафа за дефицит).

В файле Reorderpoint\_lostsales.xlsx (рис. 81.2) рассчитана точка заказа для случая упущенного сбыта. После ввода потерь от упущенного сбыта в размере 40 долларов в ячейку c7, оказывается, что оптимальная политика хранения требует заказывать по 100 миксеров и размещать заказ, когда запасы снижаются до 54,23 миксера. Уровень страхового запаса составляет 15,77 миксера, и спрос на миксеры не будет удовлетворен на 2,4%. Обратите внимание, что предположение об упущенном сбыте увеличило точку заказа и уменьшило вероятность дефицита. Это произошло потому, что из-за увеличения потерь от дефицита (с 20 до 40 долларов) универмаг прилагает больше усилий, стремясь избежать дефицита.

	A	B	C
2	затраты на размещение заказа	K	\$ 50,00
3	годовые затраты на хранение единицы продукции	h	\$ 10,00
4	среднегодовой спрос	D	1000
5	размер заказа	EOQ	100
6	заказов в год	annorders	10
7	потери от упущенного сбыта	LSC	\$ 40,00
8	стандартное отклонение годового спроса	annsig	40,8
9	среднее время на выполнение нового заказа	meanLT	0,038461538
10	станд.отклон. времени на выполнение нового заказа	sigmaLT	0
11	средний спрос за время выполнения нов. заказа	meanLTD	38,46153846
12	станд.отклон.спроса за время выполн. нов. заказа	sigmaLTD	8,001538314
13	вероятность дефицита	probout	0,024390244
14	точка заказа	RP	54,22861214
15	страховой запас	SS	15,76707368

Рис. 81.2. Определение точки заказа для случая упущенного сбыта

Увеличение неопределенности значительно повышает точку заказа. Например, в случае упущенного сбыта, если стандартное отклонение для времени на выполнение нового заказа составляет одну неделю (0,019 года), а не 0, точка заказа повышается до 79,50 миксера, а страховой запас увеличивается более чем в два раза по сравнению с тем случаем, когда время на выполнение нового заказа было точно известно.

### Что означает термин "95-процентный уровень обслуживания"?

Как было сказано ранее в этой главе, 95%-ный уровень обслуживания означает просто удовлетворение 95% спроса в срок. Поскольку оценить штраф из-за дефицита и/или штраф от упущенного сбыта часто достаточно трудно, многие компании устанавливают уровни страхового запаса продукции посредством установки уровня

обслуживания. В файле Servicelevelreorder.xlsx (рис. 81.3) точку заказа можно определить в соответствии с любым требуемым уровнем обслуживания.

В качестве примера рассмотрим аптеку, для которой требуется определить оптимальную политику хранения запаса лекарственного препарата. Аптека должна удовлетворять 95% спроса на лекарственный препарат в срок. Для расчета необходимы следующие параметры:

- ◆ размещение заказа на лекарственный препарат стоит 50 долларов;
- ◆ затраты на хранение единицы препарата в запасе в течение года составляют 10 долларов;
- ◆ среднегодовой спрос на препарат составляет 1000 единиц;
- ◆ стандартное отклонение годового спроса составляет 69,28 единицы;
- ◆ время, затрачиваемое на выполнение нового заказа, всегда равно одному месяцу (0,083 года).

	A	B	C	D	E	F
1	Уровень обслуживания	SL	0,95			
2	затраты на размещение заказа	K	\$ 50,00			
3	годовые затраты на хранение единицы продукции	h	\$ 10,00			
4	среднегодовой спрос	D	1000			
5	размер заказа	EOQ	100			
6	заказов в год	annorders	10			
7	стандартное отклонение годового спроса	annsig	69,28			
8	среднее время на выполнение нового заказа	meanLT	0,08333			
9	станд.отклон. времени на выполнение нового заказа	sigmaLT	0			
10	средний спрос за время выполнения нов. заказа	meanLTD	83,3333			
11	станд.отклон.спроса за время выполн. нов. заказа	sigmaLTD	19,9994			
12	точка заказа	ROP	90,2301			
13	стандартизированная точка заказа	SROP	0,34485			разность
14	потери по норм.закону для станд.точки заказа	NLSTANDROP	0,25001 =	0,25		6,4E-08
15	страховой запас	SS	6,89674			

Рис. 81.3. Определение точки заказа в соответствии с уровнем обслуживания

Введите в ячейку c1 требуемый уровень обслуживания (0,95), а в ячейки c2:c4 и c7:c9 остальные параметры. Для определения точки заказа, соответствующей требуемому уровню обслуживания, на вкладке **ДАННЫЕ** (DATA) в группе **Анализ** (Data Analysis) выберите **Поиск решения** (Solver). В модели поиска решения (рис. 81.4) точка заказа подбирается до тех пор, пока процент удовлетворения спроса в срок не будет соответствовать требуемому уровню обслуживания. Нажмите кнопку **Параметры** (Options) и установите флажок **Использовать несколько начальных точек** (Multistart) — см. главу 35. Затем установите для точки заказа нижнюю границу 0,001 (для предотвращения присвоения точке заказа отрицательного значения) и верхнюю границу 10 000 (достаточно произвольно). Если инструмент **Поиск решения** (Solver) превысит верхнюю границу, ее придется передвинуть. Как показано на рис. 81.3, аптека должна заказывать по 100 единиц препарата каждый раз, когда уровень запаса упадет до 90,23 ед. Эта точка заказа соответствует уровню страхового запаса 6,90 ед.

В табл. 81.1 приведены точки заказа и уровни страхового запаса, соответствующие уровням обслуживания от 80 до 99%.

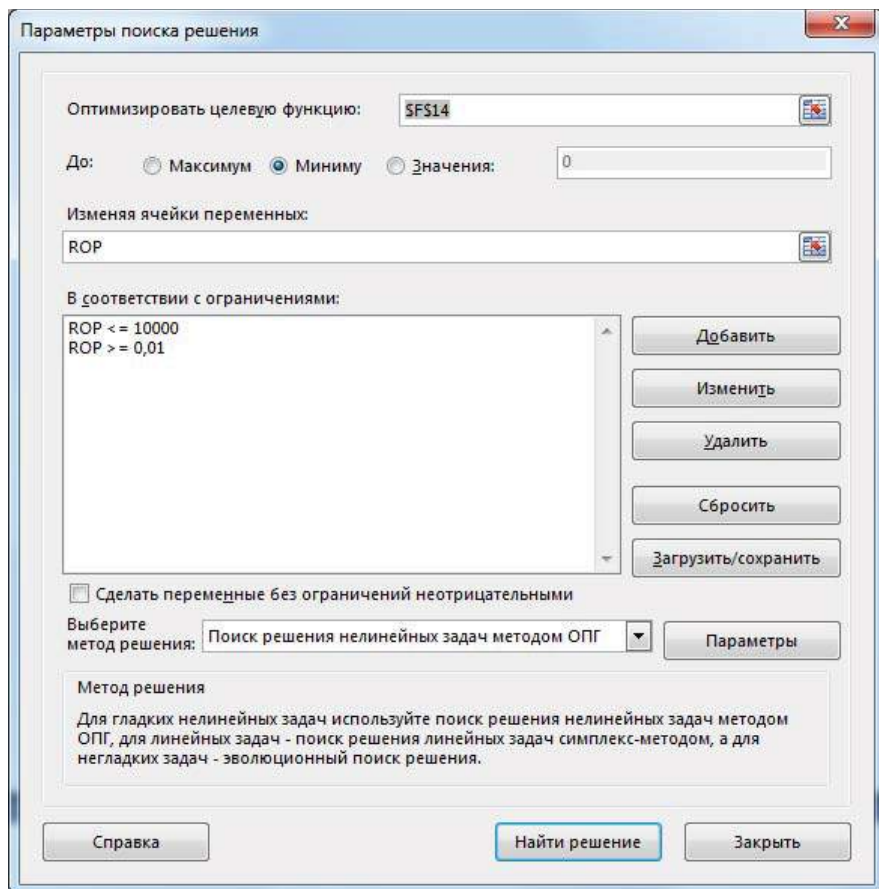


Рис. 81.4. Диалоговое окно **Параметры поиска решения** для определения точки заказа при 95%-ном уровне обслуживания

Таблица 81.1

Уровень обслуживания, %	Точка заказа, единицы продукции	Страховой запас, единицы продукции
80	65,34	-17,99
85	71,85	-11,48
90	79,57	-3,76
95	90,23	6,90
99	108,44	25,11

Обратите внимание, что при повышении уровня обслуживания с 80 до 99% точка заказа увеличивается почти на 67%! Также следует отметить, что 90%-ный уровень обслуживания может быть достигнут при точке заказа, меньшей чем средний спрос за время выполнения нового заказа (см. ячейку C10 на рис. 81.3). 90%-ный уровень

обслуживания приводит к отрицательному уровню страхового запаса. Это возможно, поскольку дефицит возникает только во время выполнения нового заказа, а время выполнения нового заказа охватывает небольшую часть года.

## Задания

---

В заданиях 1 и 2 предполагается, что в ресторане подается в среднем 5000 бутылок вина в год. Стандартное отклонение годового спроса на вино составляет 1000 бутылок. Ежегодные затраты на хранение бутылки вина равны одному доллару. Размещение заказа на вино обходится в 10 долларов и доставка вина в среднем занимает три недели (со стандартным отклонением в одну неделю):

1. Предположим, что если в ресторане заканчивается вино, он получает штраф в 5 долларов, как результат потери репутации. Кроме того, ресторан получает прибыль в размере двух долларов за каждую бутылку вина. Определите оптимальную политику заказа вина.
2. Определите политику хранения вина, которая дает 99%-ный уровень обслуживания.
3. Политику определения точки заказа часто называют политикой двух контейнеров. Как может быть реализована политика определения точки заказа, если для хранения запасов используются два контейнера?





# Теория массового обслуживания (теория очередей)

### Обсуждаемые вопросы

- ◆ Какие факторы влияют на длину очереди и время, проведенное клиентами в очереди?
- ◆ Какие условия должны быть выполнены перед анализом среднего количества присутствующих клиентов или среднего времени, проведенного клиентом в системе массового обслуживания?
- ◆ Почему изменчивость снижает производительность системы массового обслуживания?
- ◆ Можно ли быстро определить среднее время прохождения через систему контроля безопасности в аэропорту или среднее время ожидания в очереди в банке?

Все мы тратим много времени в очередях, и как скоро будет показано, небольшое увеличение пропускной способности в обслуживании часто может значительно сократить очередь. В бизнесе важно удостовериться, что клиенты не тратят слишком много времени на ожидание. Таким образом, деловые люди должны знать теорию очередей, обычно называемую *теорией массового обслуживания*. В этой главе показано, как определить пропускную способность, необходимую для обеспечения соответствующего обслуживания.

### Ответы на вопросы

---

В этом разделе приведены ответы на вопросы, перечисленные в начале главы.

#### **Какие факторы влияют на длину очереди и время, проведенное клиентами в очереди?**

В этой главе рассматриваются задачи массового обслуживания, в которых все прибывающие клиенты ждут первого доступного специалиста в единой очереди. (Для простоты назовем такого специалиста сервером.) Эта модель дает довольно точное представление о ситуациях, возникающих при ожидании в банке, на почте или при контроле безопасности в аэропорту. Кстати, идею ожидания клиентов в одной очереди выдвинули примерно в 1970 г., когда в банковских и почтовых отделениях осознали, что хотя ожидание в единой очереди не уменьшает среднее время ожидания для клиентов, но оно снижает изменчивость времени, проводимого клиентами в очереди, что создает более справедливую систему.

На время, которое клиенты проводят в системе массового обслуживания, влияют три фактора.

- ◆ **Количество специалистов.** Очевидно, что чем больше специалистов, тем меньше времени в среднем проводят клиенты в очереди и меньше людей в среднем стоит в очереди.
- ◆ **Среднее значение и стандартное отклонение времени между прибытием клиентов.** Время между прибытиями клиентов называется временным интервалом между прибытиями. Если средний временной интервал между прибытиями увеличивается, количество прибытий уменьшается, что приводит к более короткой очереди и меньшему времени, проведенному клиентом в системе массового обслуживания. Как будет показано вскоре, увеличение стандартного отклонения временного интервала между прибытиями увеличивает среднее время, проведенное клиентом в системе массового обслуживания, и среднее количество присутствующих клиентов.
- ◆ **Среднее значение и стандартное отклонение времени, необходимого для обслуживания клиента.** Если среднее время обслуживания увеличивается, то повышается среднее время, проведенное клиентом в системе массового обслуживания, и количество присутствующих клиентов. Увеличение стандартного отклонения времени обслуживания увеличивает среднее время, проведенное клиентом в системе массового обслуживания, и среднее количество присутствующих клиентов.

**Какие условия должны быть выполнены перед анализом среднего количества присутствующих клиентов или среднего времени, проведенного клиентом в системе массового обслуживания?**

При анализе времени ожидания клиентов в очередях математики говорят о характеристиках *устойчивого состояния* системы. По существу, устойчивое состояние означает, что система работает в течение длительного времени. Если же говорить более конкретно, аналитикам необходимо выяснить значения следующих величин в устойчивом состоянии:

- ◆  $W$  — среднее время, проведенное клиентом в системе;
- ◆  $W_q$  — среднее время ожидания в очереди до обслуживания;
- ◆  $L$  — среднее количество клиентов, присутствующих в системе;
- ◆  $L_q$  — среднее количество клиентов, ожидающих в очереди.

Кстати, равенства  $L = (1/\text{среднее время между прибытиями}) \times W$  и  $L_q = (1/\text{среднее время между прибытиями}) \times W_q$  справедливы всегда.

Для корректного обсуждения устойчивого состояния системы массового обслуживания должно иметь место следующее.

- ◆ Среднее значение и стандартное отклонение времени между прибытиями и времени обслуживания мало изменяются с течением времени. С технической точки

зрения это означает, что распределение для времени между прибытиями и времени обслуживания является постоянным во времени.

- ◆  $(1/\text{среднее время обслуживания}) \times (\text{количество специалистов}) > (1/(\text{среднее время между прибытиями}))$ . Это уравнение 1.

По сути, если уравнение 1 выполняется, за час можно обслужить больше клиентов, чем придет новых. Например, если среднее время обслуживания равно двум минутам (или  $1/30$  часа), и среднее время между прибытиями составляет 1 минуту (или  $1/60$  часа), из уравнения 1 следует, что  $30 \times (\text{количество специалистов}) > 60$  или что для устойчивого состояния системы количество специалистов должно быть больше или равно 3. Если клиенты не обслуживаются быстрее, чем прибывают новые, в конце концов, накопится отставание, которое никогда не будет наверстано, что приведет к бесконечной очереди.

### Почему изменчивость снижает производительность системы массового обслуживания?

Для выяснения того, почему изменчивость снижает производительность системы массового обслуживания, рассмотрим систему с одним сервером, в которой клиенты прибывают каждые две минуты, и время обслуживания всегда равно 2-м минутам. В такой системе никогда не будет больше одного клиента. Теперь предположим, что клиенты прибывают каждые 2 минуты, но половина всех времен обслуживания составляет 0,5 минуты, а другая половина — 3,5 минуты. Даже если прибытия полностью предсказуемы, неопределенность во времени обслуживания означает, что, в конце концов, сервер будет запаздывать, и сформируется очередь. Например, если для обслуживания первых четырех клиентов потребуется по 3,5 минуты, через 12 минут в очереди будут ожидать четыре клиента (табл. 82.1).

Таблица 82.1

Время, минут	Событие	Присутствуют после события, человек
0	Прибытие	1
2	Прибытие	2
3,5	Обслуживание завершено	1
4	Прибытие	2
6	Прибытие	3
7	Обслуживание завершено	2
8	Прибытие	3
10	Прибытие	4
10,5	Обслуживание завершено	3
12	Прибытие	4

**Можно ли быстро определить среднее время прохождения через систему контроля безопасности в аэропорту или среднее время ожидания в очереди в банке?**

На листе *Model* в файле *Queuingtemplate.xlsx* находится шаблон, с помощью которого можно определить приблизительные значения для  $L$ ,  $W$ ,  $L_q$  и  $W_q$  (как правило, в пределах 10% от их истинных значений). Этот лист представлен на рис. 82.1.

	A	B	C
2			
3	Скорость прибытия	0,077734	в минуту
4	Скорость обслуживания	0,01297	в минуту
5	s(серверы)	6	
6	Среднее время между прибытиями	12,864	
7	Среднее время обслуживания	77,102	
8	Станд.отклон.времени между прибытиями	4,43908	
9	Станд.отклон.времени обслуживания	48,05051	
10	CV прибытие	0,119079	
11	CV обслуживание	0,388387	
12	u	5,993412	
13	go	0,998902	
14	R(s,μ)	0,73554	
15	E <sub>c</sub> (s,μ)	0,996956	
16	W <sub>q</sub>	2960,658	
17	L <sub>q</sub>	230,1434	
18	W	3037,76	
19	L	236,1368	

Рис. 82.1. Шаблон для системы массового обслуживания

После ввода нижеприведенных данных в шаблоне будут рассчитаны значения  $W_q$ ,  $L_q$ ,  $W$  и  $L$ . Параметры в ячейках B6:B9 могут быть легко вычислены на основе данных на листе *Queuing Data*.

- ◆ Количество серверов (ячейка B5).
- ◆ Среднее время между прибытиями (ячейка B6).
- ◆ Среднее время обслуживания (ячейка B7).
- ◆ Стандартное отклонение времени между прибытиями (ячейка B8).
- ◆ Стандартное отклонение времени обслуживания (ячейка B9).

Это пример шаблона в действии. Необходимо определить, как рабочие характеристики системы контроля безопасности в аэропорту в рабочее время с 9 утра до 5 вечера зависят от количества работающих сотрудников. На листе *Queuing Data* в файле *Queuingtemplate.xlsx* (рис. 82.2) в таблице приведены времена между прибытиями и времена обслуживания. (Часть строк данных скрыта.)

Скопируйте формулу =СРЗНАЧ(B4:B62) из ячейки B1 в C1 для определения среднего времени между прибытиями (12,864 с) и среднего времени обслуживания (77,102 с). Поскольку среднее время обслуживания почти в шесть раз больше среднего времени между прибытиями, для обеспечения устойчивого состояния требуется, по крайней мере, шесть сотрудников. Скопируйте формулу =СТАНДОТКЛОН.В(B4:B62)

из ячейки B2 в C2 для определения стандартного отклонения времени между прибытиями (4,439 с) и стандартного отклонения времени обслуживания (48,051 с).

Вернемся к шаблону системы массового обслуживания на листе Model1. После ввода полученных значений в ячейки B6:B9 и значения 6 для серверов в ячейку B5 обнаружится, что приближается катастрофа. В устойчивом состоянии системы в очереди будут находиться около 236 человек (ячейка B19). Возможно, вам приходилось встречаться в аэропорту с такой ситуацией.

	A	B	C	D
1	среднее	12,86440678	77,10169492	секунд!
2	станд.отклон.	4,43908047	48,05051039	секунд
3		Время между прибытиями	Время обслуживания	
4		5	95	
5		17	240	
6		12	71	
7		18	68	
8		9	90	
9		16	117	
10		15	291	
11		15	116	
12		10	107	
13		11	100	
14		9	28	
15		15	119	
16		19	98	
17		9	72	
18		16	127	
57		13	74	
58		11	27	
59		13	84	
60		19	90	
61		11	42	
62		18	74	

Рис. 82.2. Время между прибытиями и время обслуживания для примера с системой контроля безопасности аэропорта

Для определения влияния изменения количества сотрудников на производительность системы воспользуйтесь таблицей данных с одним входом (рис. 82.3). В ячейки F9:F13 введите рассматриваемые количества сотрудников (от 6 до 10). Для вычисления  $L$  введите в ячейку G8 формулу =B19, а для вычисления  $W$  введите в ячейку H8 формулу =B18. Выделите таблицу (F8:H13) и затем на вкладке **ДАННЫЕ** (DATA) в группе **Работа с данными** (Data Tools) в списке **Анализ "что если"** (What If Analysis) выберите **Таблица данных** (Data Table). Укажите в поле **Подставлять значения по строкам в** (column input cell) ячейку B5 (количество серверов). Появится таблица, показанная на рис. 82.3. Обратите внимание, что добавление всего лишь одного сотрудника к исходным шести сотрудникам уменьшает ожидаемое количество клиентов в очереди с 236 до 7. Добавление седьмого сотрудника уменьшает среднее время нахождения клиента в системе с 3038 с (50,6 мин) до 89 с (1,5 мин). Этот пример показывает, что небольшое увеличение

пропускной способности может значительно повысить производительность системы массового обслуживания.

В ячейках F16:K22 с помощью таблицы данных с двумя входами можно проверить чувствительность среднего времени, проведенного клиентом в системе ( $W$ ), к изменению количества сотрудников и изменению стандартного отклонения времени обслуживания. Укажите в поле **Подставлять значения по столбцам в** (row input cell) ячейку B5, а в поле **Подставлять значения по строкам в** (column input cell) ячейку B9. Если работают семь сотрудников, увеличение стандартного отклонения времени обслуживания с 40 до 90 с приводит к увеличению на 29% среднего времени, проведенного клиентом в системе (с 86,2 до 111,8 с).

	E	F	G	H	I	J	K
6							
7			L	W			
8		Серверы	236,1368	3037,76			
9		6	236,1368	3037,76			
10		7	6,917396	88,9882			
11		8	6,262791	80,56709			
12		9	6,092038	78,37046			
13		10	6,031636	77,59342			
14							
15					серверы		
16		3037,76	6	7	8	9	10
17		40	2342,086	86,1952	79,75282	78,07234	77,47788
18	стандартное отклонение	50	3225,354	89,74136	80,78666	78,45085	77,62457
19	времени обслуживания	60	4304,905	94,07556	82,05026	78,91348	77,80387
20		70	5580,737	99,1978	83,54359	79,46023	78,01577
21		80	7052,851	105,1081	85,26668	80,09109	78,26027
22		90	8721,247	111,8064	87,2195	80,80607	78,53736

Рис. 82.3. Анализ чувствительности для системы контроля безопасности аэропорта

### ПРИМЕЧАНИЕ

Читатели, заинтересованные в более широком обсуждении теории массового обслуживания, могут обратиться к книге Уэйна Винстона (Wayne L. Winston. Operations Research: Applications and Algorithms. — Duxbury Press, 2007).

## Задания

В банке работает шесть операционистов. На основе следующей информации:

- ◆ среднее время обслуживания равно 1 минуте;
- ◆ среднее время между прибытиями равно 25 секундам;
- ◆ стандартное отклонение времени обслуживания равно 1 минуте;
- ◆ стандартное отклонение времени между прибытиями равно 10 секундам

выполните задания 1—4.

1. Определите среднее время ожидания клиента в очереди.
2. Сколько клиентов в среднем присутствует в очереди?

3. Рекомендуется ли подключить к работе дополнительных операционистов?
4. Предположим, что работа операциониста стоит 20 долларов в час, а время клиента банк оценивает в 15 долларов в час. Сколько операционистов должно работать в банке?
5. На пятом этаже бизнес-школы работают 30 женщин. Предположим, что каждая женщина посещает туалетную комнату три раза в день (офис открыт с 8 утра до 5 вечера), и каждое такое посещение в среднем продолжается 180 секунд со стандартным отклонением 90 секунд. Предположим, что стандартное отклонение времени между прибытиями в туалетную комнату составляет 5 минут. Сколько кабинок рекомендуется установить в туалетной комнате?





# Оценка кривой спроса

### Обсуждаемые вопросы

- ◆ Что необходимо знать при назначении цены продукта?
- ◆ В чем смысл эластичности спроса?
- ◆ Существует ли простой способ оценки кривой спроса?
- ◆ Каким образом кривая спроса показывает готовность клиента платить за продукт?

В любом бизнесе необходимо определить цену для каждого продукта. Оценить продукт должным образом достаточно трудно. Некоторые простые модели, позволяющие сформировать цену продукта с целью максимального увеличения прибыльности продукта, описаны в *главах 84 и 85*. Для более полного представления о ценообразовании см. книгу Роберта Долана и Германа Саймона (Robert J. Dolan, Hermann Simon. *Power Pricing*. — Free Press, 1997).

### Ответы на вопросы

---

В этом разделе приведены ответы на вопросы, перечисленные в начале главы.

#### Что необходимо знать при назначении цены продукта?

Рассмотрим такой продукт, как шоколадный батончик. Для определения цены, приносящей максимальную прибыль, необходимо знать две вещи:

- ◆ переменные затраты на производство каждой единицы продукции (назовем эту величину  $UC$ );
- ◆ кривую спроса на продукт. Иными словами, кривая спроса показывает количество единиц продукта, которое потребуется клиенту по каждой цене. Таким образом, если изменить цену единицы продукции на  $p$  долларов, то по кривой спроса можно определить число  $D(p)$ , эквивалентное количеству единиц продукции, которые будут востребованы по цене  $p$  долларов. Безусловно, кривая спроса постоянно изменяется и часто зависит от факторов, находящихся вне контроля компании (таких как состояние экономики и цена конкурентов).

Если значение  $UC$  и кривая спроса известны, прибыль, соответствующая цене в  $p$  долларов, просто равна  $(p - UC) \times D(p)$ . Если известно уравнение для  $D(p)$ , вычисляющее количество востребованного продукта для каждой цены, можно с по-

мощью инструмента Microsoft Excel **Поиск решения** (Solver) найти цену, обеспечивающую максимальную прибыль, как показано в *главах 84 и 85*.

### В чем смысл эластичности спроса?

В соответствии с кривой спроса *ценовая эластичность* спроса — это относительное снижение спроса в результате увеличения цены на 1%. Если эластичность выше 1%, спрос является эластичным по цене. Когда спрос эластичен по цене, снижение цены увеличивает выручку. Если эластичность меньше 1%, спрос является неэластичным по цене. Когда спрос неэластичен по цене, снижение цены снижает выручку. Далее приведены наблюдаемые оценки эластичности спроса на некоторые продукты.

- ◆ Соль — 0,1 (крайне неэластичный).
- ◆ Кофе — 0,25 (неэластичный).
- ◆ Гонорары адвокатов — 0,4 (неэластичный).
- ◆ Телевизоры — 1,2 (незначительно эластичный).
- ◆ Ресторанная еда — 2,3 (эластичный).
- ◆ Зарубежные поездки — 4,0 (очень эластичный).

Например, снижение стоимости зарубежной поездки на 1% приводит к увеличению спроса на зарубежные поездки на 4%.

### Существует ли простой способ оценки кривой спроса?

Пусть  $q$  — величина спроса на продукт. Для оценки кривой спроса наиболее часто используются две формы.

- ◆ **Линейная кривая спроса.** В этом случае спрос соответствует прямолинейному соотношению в виде  $q = a - bp$ . Например,  $q = 10 - p$  — линейная кривая спроса. (Здесь  $a$  и  $b$  могут быть определены по методу, описанному далее в этой главе.) Если кривая спроса линейна, эластичность постоянно изменяется.
- ◆ **Степенная кривая спроса.** В этой ситуации кривая спроса описывается степенной кривой в виде  $q = ap^b$ , где  $b < 0$ . (Дополнительную информацию см. в *главе 55*.) Как и в предыдущем случае,  $a$  и  $b$  могут быть определены по методу, описанному далее в этой главе. Уравнение  $q = 100p^{-2}$  является примером степенной кривой спроса. Если спрос соответствует степенной кривой, эластичность равна  $-b$  для любой цены. Таким образом, для кривой спроса  $q = 100p^{-2}$  ценовая эластичность спроса всегда равна 2.

Предположим, что кривая спроса на продукт соответствует линейной или степенной кривой спроса. Если известна текущая цена и спрос на продукт, а также ценовая эластичность спроса для продукта, определить кривую спроса для продукта несложно. Далее приводятся два примера.

Пусть в настоящее время продукт продается за 100 долларов, и спрос на него составляет 500 единиц. Ценовая эластичность спроса для продукта равна 2. Предположим, что кривая спроса является линейной. Необходимо определить уравнение кривой спроса. Решение находится в файле Linearfit.xlsx (рис. 83.1).

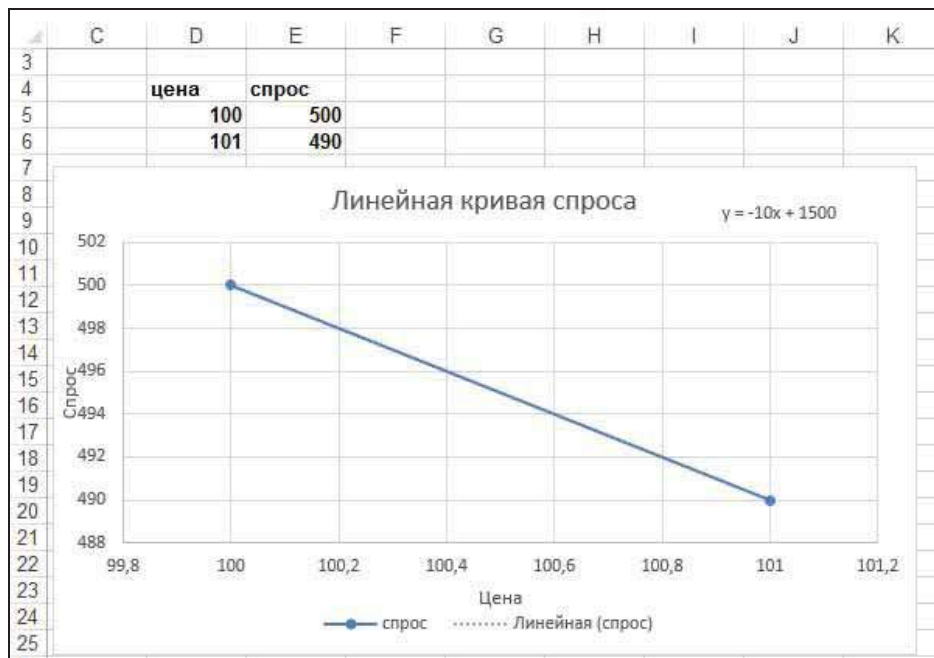


Рис. 83.1. Подбор линейной кривой спроса

Как известно, если даны две точки, то через них можно провести только одну прямую линию. Для кривой спроса действительно известны две точки.  $p = 100$  и  $q = 500$  — одна из них. Поскольку эластичность спроса равна 2, однопроцентное повышение цены приводит к уменьшению спроса на 2%. Следовательно, если  $p = 101$  (однопроцентное повышение), спрос падает на 2% от 500 (10 единиц) до 490. Таким образом,  $p = 101$  и  $q = 490$  — это вторая точка кривой спроса. Теперь с помощью линии тренда в Excel можно найти прямую линию, проходящую через точки (100,500) и (101,490).

Начнем с ввода этих точек в ячейки D5:E6, как показано на рис. 83.1. Затем выделите диапазон D4:E6 и на вкладке **ВСТАВКА** (INSERT) в группе **Диаграммы** (Charts) выберите **Точечная диаграмма с прямыми отрезками и маркерами** (Scatter With Straight Lines). Появившийся график имеет положительный наклон. Это означает, что повышение цены ведет к повышению спроса, что не может быть правильным. Проблема заключается в следующем: в Excel при наличии только двух точек данных предполагается, что точки данных, по которым строится график, находятся в отдельных столбцах, а не в отдельных строках. В подтверждение того, что отдельные точки находятся в разных строках, щелкните в области диаграммы и затем в секции **Работа с диаграммами** (Chart Tools) откройте вкладку **КОНСТРУКТОР** (DESIGN). На этой вкладке в группе **Данные** (Data) выберите **Строка/столбец** (Switch Row/Column). Обратите внимание, что после нажатия кнопки **Выбрать данные** (Select Data) можно изменить исходные данные, на основе которых создается диаграмма. Теперь щелкните правой кнопкой мыши по одной из точек, выберите **Добавить линию тренда** (Add Trendline), затем установите переключатель

в положение **Линейная** (Linear) и отметьте флажок **показывать уравнение на диаграмме** (Display Equation On Chart). Появится прямолинейный график, показанный на рис. 83.1. Так как  $x$  — это цена, а  $y$  — спрос, уравнение для кривой спроса имеет вид  $q = 1500 - 10p$ . Это уравнение означает, что каждое повышение цены на 1 доллар стоит 10 единиц спроса. Безусловно, спрос не может быть линейным для всех значений цены, поскольку для больших значений  $p$  линейная кривая спроса приведет к негативному спросу. Однако для цен, близких к текущей цене, линейная кривая спроса является достаточно хорошим приближением к истинной кривой спроса на продукт.

Для второго примера также предположим, что в настоящее время продукт продается за 100 долларов и спрос на него составляет 500 единиц. Ценовая эластичность спроса для продукта равна 2. Теперь подберем к этим данным степенную кривую спроса. См. файл Powerfit.xlsx, показанный на рис. 83.2.

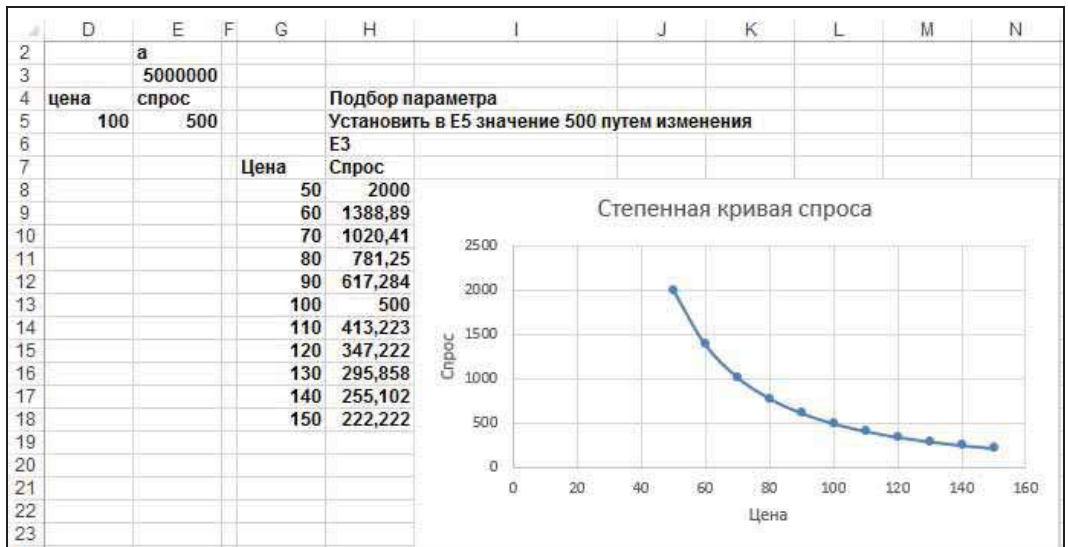


Рис. 83.2. Степенная кривая спроса

Введите в ячейку E3 пробное значение  $a$ . Затем в ячейку D5 введите текущую цену 100 долларов. Так как эластичность спроса равна 2, кривая спроса имеет вид  $q = ap^{-2}$ , где  $a$  неизвестно. В ячейку E5 введите спрос для цены 100 долларов, соответствующий значению  $a$  в ячейке E3 по формуле  $=a*D5^{-2}$ . Теперь с помощью инструмента **Подбор параметра** (Goal Seek) (дополнительную информацию см. в главе 17) определите значение  $a$ , при котором спрос для цены 100 долларов составляет 500 единиц. Установите в ячейке E5 значение 500 путем изменения значения в ячейке E3. Оказывается, спросу в 500 единиц при цене 100 долларов соответствует  $a$ , равное 5 000 000. Таким образом, кривая спроса (графически представленная на рис. 83.2) описывается уравнением  $q = 5000000p^{-2}$ . Для любой цены ценовая эластичность спроса на этой кривой равна 2.

## Каким образом кривая спроса показывает готовность клиента платить за продукт?

Предположим, что вы пытаетесь продать программный продукт компании из списка Fortune 500. Пусть  $q$  — это количество копий программного продукта, которое требуется компании, а  $p$  — цена программного продукта. Вы считаете, что кривая спроса на программный продукт описывается уравнением  $q = 400 - p$ . Очевидно, что клиент хотел бы платить меньше за каждую дополнительную копию программного продукта. В этой кривой спроса заключена информация о том, сколько компания готова платить за каждую копию программного продукта. Эта информация является ключевой для максимального увеличения прибыльности продажи.

Перепишем уравнение кривой спроса так:  $p = 400 - q$ . Таким образом, если  $q = 1$ ,  $p = 399$  долларов и т. д. Теперь попытаемся определить ценность, которую клиент придает каждой из первых двух копий программного продукта. Предположим, что клиент мыслит рационально, т. е. будет покупать копию программного продукта тогда и только тогда, когда ценность этой копии превысит цену. При цене 400 долларов спрос равен 0, так что первая копия не может стоить 400 долларов. Однако при цене 399 долларов образуется спрос на одну копию программного продукта. Следовательно, первая копия программного продукта должна стоить где-то между 399 и 400 долларами. Аналогично, при цене 399 долларов клиент не купит вторую копию программного продукта. Однако при цене 398 долларов клиент покупает две копии, т. е. клиент покупает вторую копию. Следовательно, потребительская ценность второй копии находится где-то между 399 и 398 долларами.

Можно показать, что наилучшим приближением стоимости  $i$ -й единицы продукта, покупаемой клиентом, является цена, при которой спрос равен  $i - 0,5$ . Например, если установить для  $q$  значение 0,5, то стоимость первой копии равна  $400 - 0,5 = 399,50$  долларов. Аналогично, если установить  $q = 1,5$ , стоимость второй копии равна  $400 - 1,5 = 398,50$  долларов.

## Задания

1. Предположим, что вы оценили изобретенную настольную игру в 60 долларов и продали 3000 штук этой игры за последний год. Известно, что ценовая эластичность для настольных игр равна 3. Исходя из этой информации, определите линейную и степенную кривые спроса.
2. Для каждого ответа из задания 1 определите потребительскую стоимость двухтысячного экземпляра игры.



# Ценообразование продуктов с сопутствующими товарами

## Обсуждаемый вопрос

- ♦ Как покупка клиентами бритвенных лезвий вместе с бритвой влияет на цену бритвы, максимально увеличивающую прибыль?

Покупка некоторых потребительских товаров часто приводит к покупке сопутствующих товаров или товаров принудительного ассортимента. В табл. 84.1 приведено несколько примеров таких покупок.

Таблица 84.1

Первичная покупка	Сопутствующий товар
Бритва	Бритвенные лезвия
Мужской костюм	Рубашка или галстук
Персональный компьютер	Учебное пособие по программному обеспечению
Игровая приставка	Видеоигра

Кривую спроса для первичного продукта можно легко определить посредством методов, описанных в *главе 83*. Затем с помощью инструмента Microsoft Excel **Поиск решения** (Solver) можно рассчитать цену первичного продукта, максимально увеличивающую сумму прибылей, полученных от исходного и сопутствующего продуктов. Выполнение такого анализа продемонстрировано на следующем примере.

## Ответ на вопрос

В этом разделе приведен ответ на вопрос, указанный в начале главы.

### Как покупка клиентами бритвенных лезвий вместе с бритвой влияет на цену бритвы, максимально увеличивающую прибыль?

Пусть в настоящее время на бритву назначена цена 5,00 долларов, и продается 6 млн бритв. Предположим, что переменные затраты на производство бритвы составляют 2,00 доллара. Наконец, допустим, что ценовая эластичность спроса на бритвы равна 2. Какую цену следует назначить на бритву?

Предположим (ошибочно), что покупатели бритв не покупают лезвия. Кривая спроса (в случае линейной кривой спроса) показана на рис. 84.1. (См. данные и диа-



грамму на листе No Blades в файле Razorsandblades.xlsx.) Двумя точками на кривой спроса являются цена = 5,00 долларов, спрос = 6 млн бритв и цена = 5,05 (увеличенная на 1%), спрос = 5,88 млн (на 2% меньше 6 млн). После создания диаграммы и вставки линейной линии тренда можно, как показано в главе 83, найти уравнение кривой спроса:  $y = 18 - 2,4x$ . Поскольку  $x$  — это цена, а  $y$  — спрос, уравнение кривой спроса на бритвы можно записать в следующем виде: спрос (в млн) =  $18 - 2,4(\text{цена})$ .

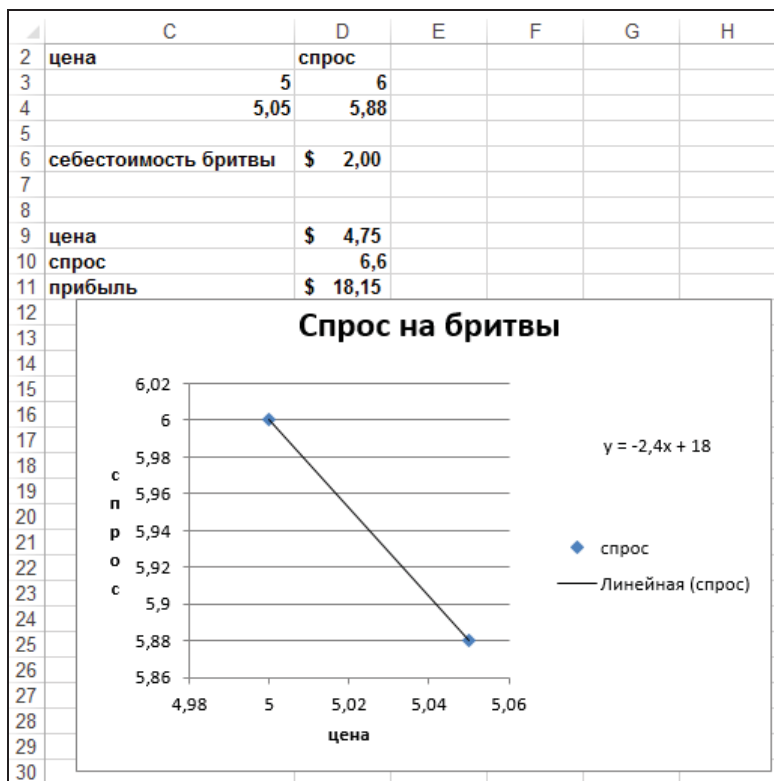


Рис. 84.1. Определение цены на бритвы, максимально увеличивающей прибыль

Свяжите имена в ячейках C6 и C9:C11 с ячейками D6 и D9:D11, соответственно. Введите пробную цену в ячейку D9 и определите спрос для этой цены в ячейке D10 по формуле  $=18-2,4*\text{цена}$ . В ячейке D11 определите прибыль от бритв по формуле  $=\text{спрос}*(\text{цена}-\text{себестоимость\_бритвы})$ .

Теперь с помощью инструмента **Поиск решения** (Solver) определите цену, максимально увеличивающую прибыль. Диалоговое окно **Параметры поиска решения** (Solver Parameters) показано на рис. 84.2.

Увеличьте до максимума прибыль (в ячейке D11) путем изменения цены (в ячейке D9). Эта модель нелинейная, поскольку в целевой ячейке перемножаются две величины — спрос и  $(\text{цена}-\text{себестоимость\_бритвы})$ , каждая из которых зависит от значения в изменяемой ячейке. Инструмент **Поиск решения** (Solver) выполнит поиск

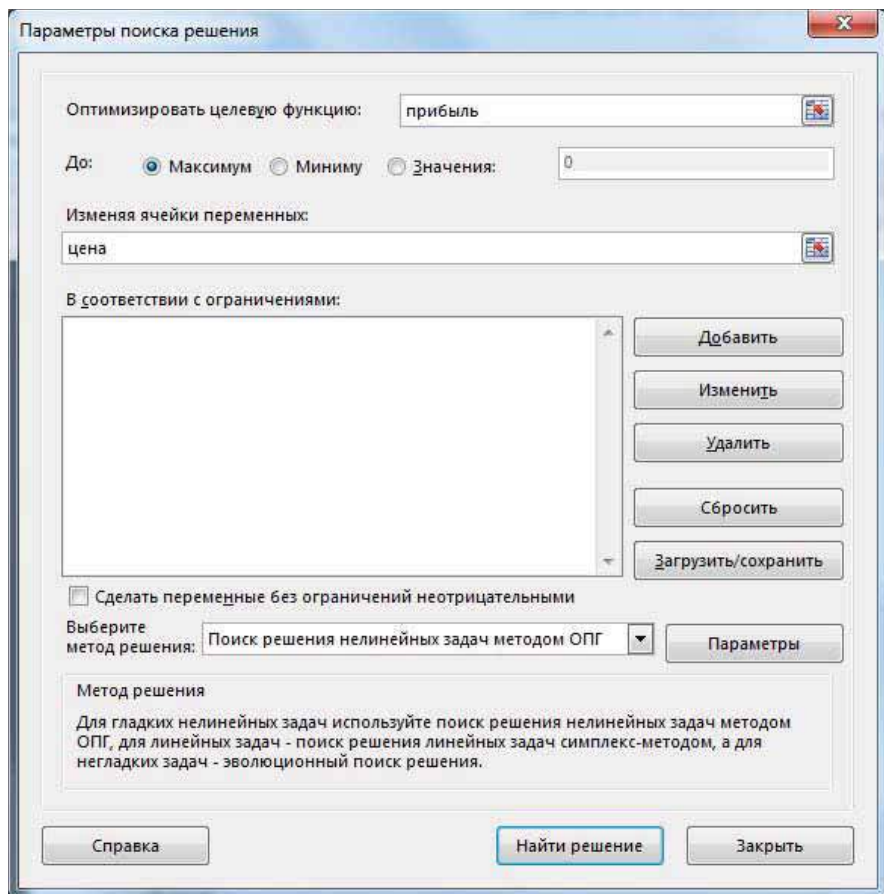


Рис. 84.2. Диалоговое окно **Параметры поиска решения** для поиска цены бритвы, максимально увеличивающей прибыль

цены за бритву, максимально увеличивающей прибыль, а именно 4,75 доллара. (Максимальная прибыль составляет 18,15 млн долларов.)

Теперь предположим, что средний покупатель бритвы приобретает 50 лезвий и каждое купленное лезвие приносит прибыль 0,15 доллара. Каким образом должна измениться цена, назначаемая на бритву? Предположим, что цена на бритву фиксированная. (В задании 3 в конце этой главы цена бритвы меняется.) Анализ этой ситуации представлен на листе *Blades* и на рис. 84.3.

На вкладке **ФОРМУЛЫ** (FORMULAS) в группе **Определенные имена** (Defined Names) выберите **Создать из выделенного** (Create From Selection) для присвоения имен из ячеек C6:C11 ячейкам D6:D11. (Например, ячейка D10 называется *спрос*.)

#### ПРИМЕЧАНИЕ

Проницательные читатели помнят, что ячейка D10 на листе *No Blades* также носит имя *спрос*. Что произойдет, если указать имя *спрос* в формуле? При вычислении формулы в Excel будет использована ячейка с именем *спрос* на текущем листе. Другими слова-

ми, если указано имя спрос на листе Blades, Excel обращается к ячейке D10 на этом листе, а не к ячейке D10 на листе No Blades.

В ячейки D7 и D8 введите соответствующие данные о лезвиях. В ячейку D9 введите пробное значение цены для бритвы и в ячейке D10 вычислите спрос по формуле  $=18-2,4*\text{цена}$ . Далее в ячейке D11 по формуле  $=\text{спрос}*(\text{цена}-\text{себестоимость\_бритвы})+\text{спрос}*\text{лезвия\_для\_бритвы}*\text{прибыль\_от\_лезвия}$  вычислите общую прибыль от бритв и лезвий. Обратите внимание, что часть формулы  $\text{спрос}*\text{лезвия\_для\_бритвы}*\text{прибыль\_от\_лезвия}$  вычисляет прибыль от лезвий.

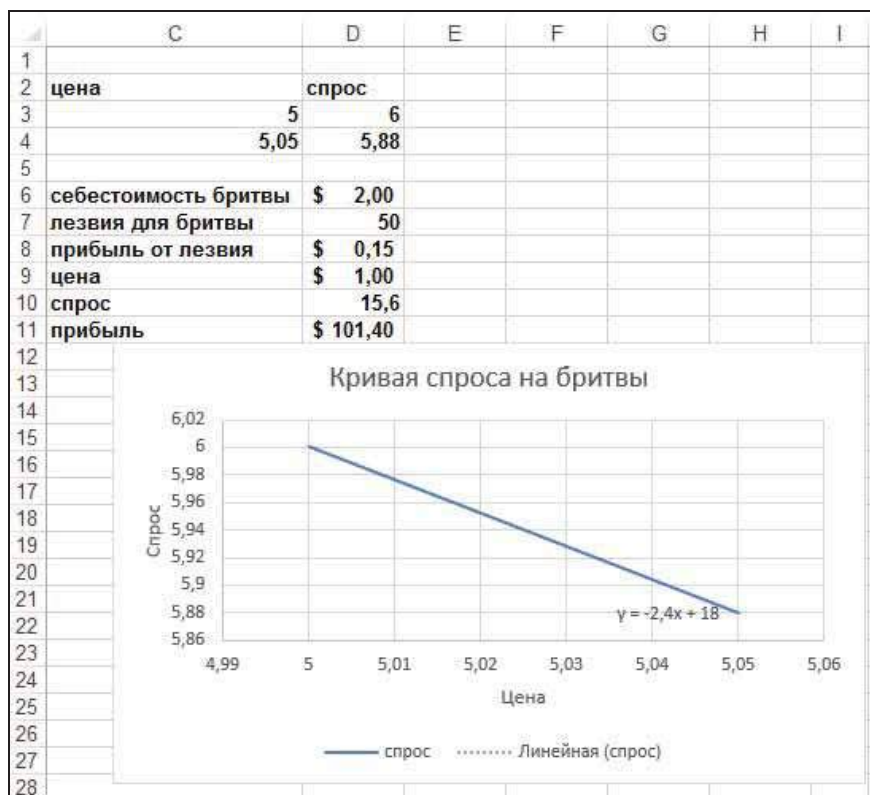


Рис. 84.3. Цена на бритвы с включенной прибылью от лезвий

Диалоговое окно **Параметры поиска решения** (Solver Parameters) выглядит так же, как было показано на рис. 84.2. Изменяйте цену для получения максимальной прибыли. Безусловно, теперь формула прибыли включает прибыль, полученную от лезвий. Решение показывает, что прибыль максимальна при цене всего лишь 1,00 доллар (половина переменных затрат!) за бритву. Такая цена является результатом получения большой прибыли от лезвий. Намного выгоднее продать бритвы множеству клиентов, даже если вы теряете по 1 доллару на каждой проданной бритве. Многие компании не понимают важность прибыли от сопутствующих товаров. Это ведет к завышению цены на первичный продукт и невозможности получить максимальную общую прибыль.

## Задания

### ПРИМЕЧАНИЕ

Во всех заданиях предполагается линейная кривая спроса.

1. Определите цену игровой приставки, максимально увеличивающую прибыль. В настоящее время на приставку назначена цена 180 долларов, и объем продаж составляет 2 млн приставок в год. Стоимость производства приставки — 150 долларов, и ценовая эластичность спроса на приставку равна 3. Какую цену следует назначить на приставку?
2. Теперь предположим, что покупатель игровой приставки покупает в среднем 10 видеоигр, и прибыль от каждой игры составляет 10 долларов. Какова правильная цена на игровую приставку?
3. Предположим, что в примере с бритвами и лезвиями стоимость производства лезвия составляет 0,20 доллара. Если за лезвие назначена цена 0,35 доллара, клиент покупает в среднем 50 лезвий. Пусть ценовая эластичность спроса на лезвия равна 3. Какую цену следует назначить на бритву и на лезвие?
4. Кинотеатр может принять восемь тысяч клиентов в неделю. Спрос, текущая цена и эластичность для продаж билетов, попкорна, лимонада и конфет приведены на рис. 84.4. Кинотеатр оставляет себе 45% выручки от билетов. Даны также себестоимость билета, продаж попкорна, продаж конфет и продаж лимонада. Каким образом кинотеатр может получить максимальную прибыль при условии линейной кривой спроса? Спрос на продукты питания — это доля клиентов, покупающих указанные продукты.

	B	C	D	E	F	G	H
1			Movie profit				
2							
3			эластичность	текущая цена	спрос	себестоимость	% от билетов
4	45% выручки	билет	3	8	3000	0	0,45
5		попкорн	1,3	3,5	0,5		0,4
6		лимонад	1,5	3	0,6		0,6
7		конфета	2,5	2,5	0,2		1

Рис. 84.4. Данные к заданию 4

5. Лекарства, отпускаемые по рецепту, производятся в США и продаются по всему миру. Производство каждой единицы лекарственного препарата стоит 60 долларов. На немецком рынке препарат продается по 150 евро. Текущий обменный курс составляет 0,667 долларов США за евро. Текущий спрос на препарат составляет 100 единиц, а расчетная эластичность равна 2,5. Определите соответствующую продажную цену (в евро) на препарат при условии линейной кривой спроса.



# Ценообразование продуктов с помощью субъективно определяемого спроса

### Обсуждаемые вопросы

- ◆ Иногда ценовая эластичность продукта неизвестна. В других ситуациях невозможно определить, какая из кривых спроса, линейная или степенная, является релевантной. Можно ли в таких случаях оценить кривую спроса и с помощью инструмента **Поиск решения** определить цену, максимально увеличивающую прибыль?
- ◆ Как небольшая аптека может определить цену на помаду, максимально увеличивающую прибыль?

### Ответы на вопросы

---

В этом разделе приведены ответы на вопросы, перечисленные в начале главы.

**Иногда ценовая эластичность продукта неизвестна. В других ситуациях невозможно определить, какая из кривых спроса, линейная или степенная, является релевантной. Можно ли в таких случаях оценить кривую спроса и с помощью инструмента *Поиск решения* определить цену, максимально увеличивающую прибыль?**

Если ценовая эластичность для продукта неизвестна или если невозможно выбрать линейную или степенную кривую спроса, эффективным способом определения кривой спроса является выявление самой низкой и самой высокой разумной цены. Затем следует оценить спрос на продукт при высокой, низкой и промежуточной цене. При наличии этих трех точек на кривой спроса на продукт можно с помощью линии тренда в Microsoft Excel подобрать квадратическую кривую спроса по следующей формуле (уравнение 1):

$$\text{спрос} = a(\text{цена})^2 + b(\text{цена}) + c.$$

Для любых трех указанных точек на кривой спроса существуют значения  $a$ ,  $b$  и  $c$ , при которых уравнение 1 точно соответствует трем указанным точкам. Поскольку уравнение 1 соответствует трем точкам на кривой спроса, по-видимому, справедливо полагать, что уравнение даст точное представление о спросе и для других цен. Затем с помощью уравнения 1 и инструмента **Поиск решения** (Solver) можно определить максимальную прибыль по формуле (цена-себестоимость) \* спрос. Описание этого процесса дано в следующем примере.

## Как небольшая аптека может определить цену на помаду, максимально увеличивающую прибыль?

Предположим, что аптека платит 0,90 доллара за каждый заказанный тюбик помады. Для тюбика помады рассматривается цена от 1,50 до 2,50 долларов. В аптеке полагают, что при цене 1,50 доллара будет продано 60 тюбиков помады в неделю. (См. рис. 85.1 и файл Lipstickprice.xlsx.) При цене 2,00 доллара в аптеке предполагают продавать 51 тюбик помады в неделю и при цене 2,50 доллара — 20 тюбиков в неделю. Какую цену на помаду должна назначить аптека?

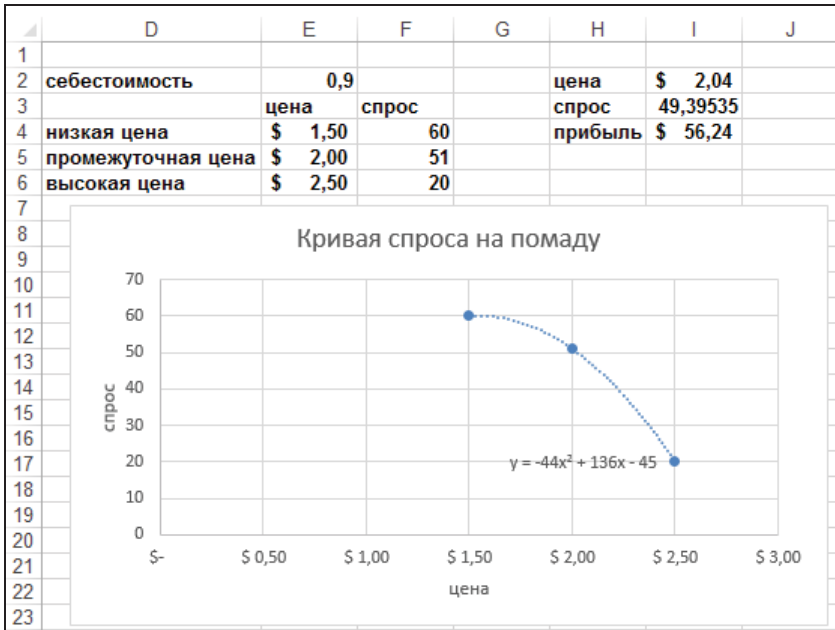


Рис. 85.1. Модель ценообразования на помаду

Начните с ввода в ячейки E3:F6 трех точек, по которым будет строиться кривая спроса. Выделите ячейки E3:F6, на вкладке **ВСТАВКА** (INSERT) в группе **Диаграммы** (Charts) выберите первый тип точечной диаграммы (Scatter). Затем щелкните правой кнопкой мыши по точке данных и в контекстном меню выберите **Добавить линию тренда** (Add Trendline). В диалоговом окне **Формат линии тренда** (Format Trendline), показанном на рис. 85.2, установите переключатель в положение **Полиномиальная** (Polynomial) и в поле со списком **Степень** (Order) выберите значение 2 (для получения квадратической кривой в виде уравнения 1). Установите флажок **показывать уравнение на диаграмме** (Display Equation on chart).

Появится диаграмма, показанная на рис. 85.1. Уравнение вычисленной кривой спроса (уравнение 2):

$$\text{спрос} = -44 \times \text{цена}^2 + 136 \times \text{цена} - 45.$$

Далее введите пробное значение цены в ячейку I2. В ячейке I3 в соответствии с уравнением 2 вычислите спрос на продукт по формуле  $=-44*\text{цена}^2+136*\text{цена}-45$ .

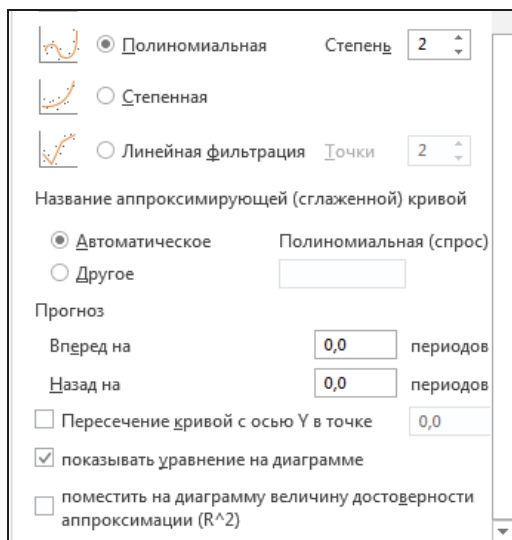


Рис. 85.2. Диалоговое окно Формат линии тренда для полиномиальной кривой спроса

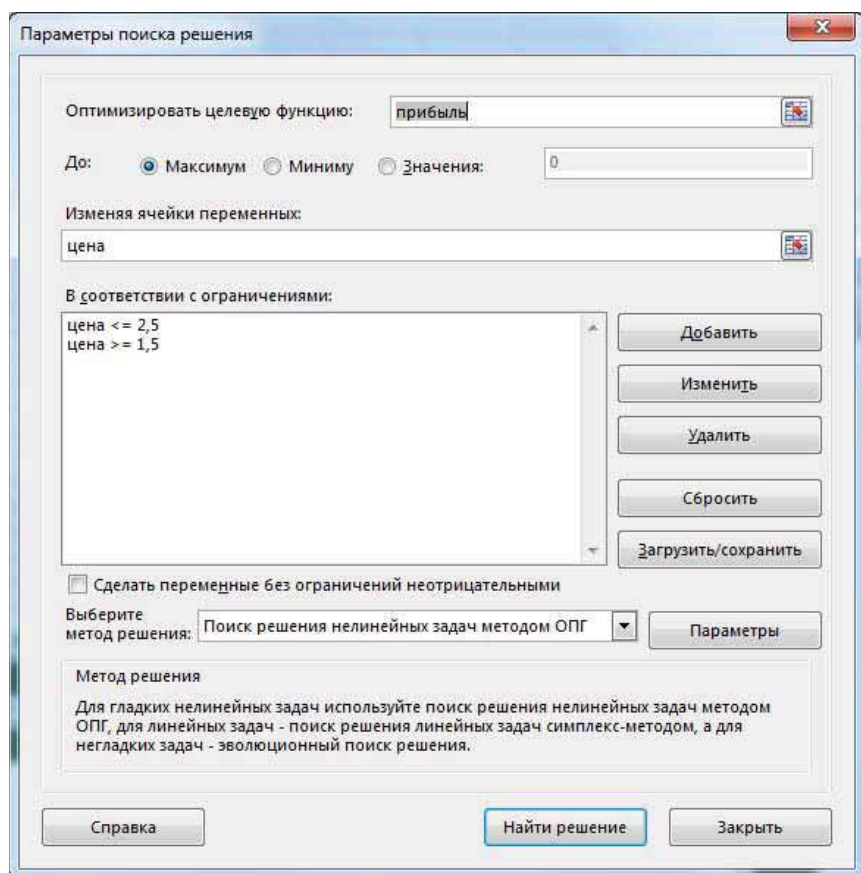


Рис. 85.3. Диалоговое окно Параметры поиска решения для вычисления цены тубика помиды



(Ячейке I2 присвоено имя *цена*.) Потом в ячейке I4 по формуле  $=-спрос*(цена-себестоимость)$  вычислите еженедельную прибыль от продаж помады. (Ячейке E2 присвоено имя *себестоимость*, а ячейке I3 — имя *спрос*.) Затем с помощью инструмента **Поиск решения** (Solver) определите цену, приносящую максимальную прибыль. Диалоговое окно **Параметры поиска решения** (Solver Parameters) показано на рис. 85.3. Обратите внимание, что цена должна находиться между самой низкой и самой высокой указанной ценой (от 1,50 до 2,50 доллара). В противном случае, если при поиске решения цены окажутся вне этого диапазона, квадратическая кривая спроса может пойти вверх, и тогда получится, что более высокая цена приводит к более высокому спросу. Такой результат является бессмысленным, поэтому цену необходимо ограничить.

В результате аптека должна назначить на тюбик помады цену 2,04 доллара. Такая цена приведет к продаже 49,4 шт. в неделю и еженедельной прибыли 56,24 доллара. Подход к ценообразованию, изложенный в этой главе, не требует знания концепции эластичности спроса. По существу при поиске цены, максимально увеличивающей прибыль, эластичность рассматривается для каждой цены. Такой подход легко может быть применен в организациях, продающих тысячи других продуктов. Единственные данные, которые требуется указать для каждого продукта, — это себестоимость и три точки на кривой спроса.

## Задания

1. Предположим, что производство одной игровой приставки стоит 250 долларов. Рассматривается цена от 200 до 400 долларов. Расчетный спрос на игровые приставки представлен в табл. 85.1.

Таблица 85.1

Цена, долларов	Спрос (в млн)
200	2
300	0,9
400	0,2

Какую цену следует назначить на игровую приставку?

2. Для выполнения этого задания возьмите данные о спросе из задания 1. Каждый владелец игровой приставки покупает в среднем 10 видеоигр. Прибыль от каждой видеоигры составляет 10 долларов. Какую цену следует назначить на игровую приставку?
3. Необходимо определить правильную цену на новый еженедельный журнал. Переменные затраты на печать и распространение экземпляра журнала составляют 0,50 доллара. Рассматривается цена от 0,50 до 1,30 доллара за экземпляр. Расчетные еженедельные продажи журнала представлены в табл. 85.2.

Таблица 85.2

Цена, долларов	Спрос (в млн)
0,50	2
0,90	1,2
1,30	0,3

В дополнение к выручке от продаж журнала можно получить по 30 долларов за каждую проданную тысячу экземпляров каждой из 20 страниц рекламы, размещаемой в еженедельнике. Какую цену следует назначить на журнал?



# Нелинейное ценообразование

### Обсуждаемые вопросы

- ◆ Что такое линейное ценообразование?
- ◆ Что такое нелинейное ценообразование?
- ◆ Что такое объединение в набор и как оно может повысить прибыльность?
- ◆ Как составить план нелинейного ценообразования с максимальной прибылью?

### Ответы на вопросы

---

В этом разделе приведены ответы на вопросы, перечисленные в начале главы.

#### Что такое линейное ценообразование?

В главах 84 и 85 показано, как определить цену продукта, максимально увеличивающую прибыль. Однако в примерах к этим главам подразумевается, что независимо от количества единиц приобретаемого товара покупатель платит одну и ту же сумму за каждую единицу. Такая модель известна как *линейное ценообразование*, поскольку стоимость покупки  $x$  единиц товара является прямолинейной функцией  $x$ ; а именно,

$$\text{стоимость } x \text{ единиц товара} = (\text{цена единицы товара}) \times x.$$

В этой главе показано, что *нелинейное ценообразование* зачастую может значительно увеличить прибыль компании.

#### Что такое нелинейное ценообразование?

Нелинейная схема ценообразования просто означает, что стоимость покупки  $x$  единиц товара не является прямолинейной функцией  $x$ . С нелинейными стратегиями ценообразования сталкивался каждый. Вот несколько примеров.

- ◆ **Скидка с количества.** Первые пять единиц товара могут стоить 20 долларов каждая, а остальные единицы — 12 долларов каждая. Скидки с количества, как правило, предоставляются компаниями, продающими программное обеспечение и компьютеры. Пример стоимости покупки  $x$  единиц товара показан на листе `nonlinear pricing examples` в файле `Nlp.xlsx` и на рис. 86.1. Обратите внимание, что график имеет наклон 20 для пяти и менее единиц товара и наклон 12 для большего количества приобретенных единиц товара.

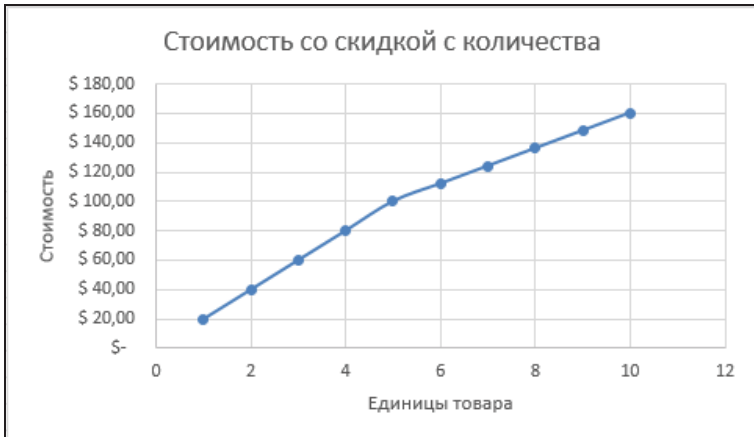


Рис. 86.1. План стоимости со скидкой с количества

- ◆ **Двухчастный тариф.** При вступлении в загородный клуб обычно платят фиксированный взнос, а затем взнос за каждый раунд игры в гольф. Предположим, что загородный клуб взимает членский взнос в размере 500 долларов в год и 20 долларов за каждый раунд. Такой тип стратегии ценообразования называется *двухчастным тарифом*. Стоимость покупки заданного числа раундов игры в гольф для такой политики ценообразования показана на рис. 86.2. Как и в предыдущем случае, см. лист `nonlinear pricing examples` в файле `Nlp.xlsx`. Обратите внимание, что график имеет наклон 520 от нуля до одной приобретенной единицы и наклон 20 для большего количества приобретенных единиц. Поскольку прямая линия должна всегда иметь одинаковый наклон, как видно из рисунка, двухчастный тариф является нелинейным.

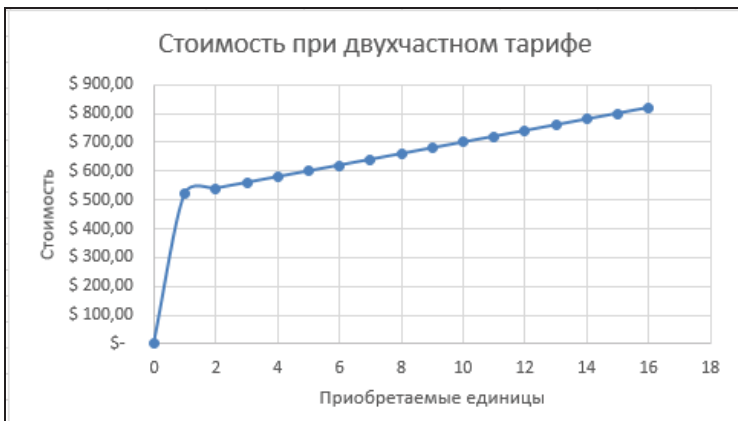


Рис. 86.2. Стоимость при двухчастном тарифе

### Что такое объединение в набор и как оно может повысить прибыльность?

При объединении в набор клиенту предлагаются продукты по цене меньшей, чем сумма цен отдельных продуктов. Для анализа феномена объединения в набор необ-

ходимо понять, как рациональный потребитель принимает решение. Для каждой возможной комбинации продуктов рациональный потребитель определяет для себя ценность того, что продается, и вычитает из нее реальную стоимость покупки. Эта разница называется *потребительским излишком*. Рациональный потребитель не покупает ничего, если потребительский излишек для каждого доступного варианта является отрицательным. В противном случае потребитель покупает комбинацию продуктов, имеющую самый большой потребительский излишек.

Так как же объединение в набор может повысить прибыльность? Предположим, что вы продаете компьютеры и принтеры двум клиентам. Ценность, которую каждый клиент придает компьютеру и принтеру, представлена в табл. 86.1.

Таблица 86.1

Клиент	Ценность компьютера, долларов	Ценность принтера, долларов
1	1000	500
2	500	1000

Если компьютер и принтер предлагается для продажи только по отдельности, то, назначив цену 1000 долларов на принтер и на компьютер, вы продадите один принтер и один компьютер и получите 2000 долларов выручки. Теперь предположим, что вы предлагаете такой набор: компьютер и принтер за 1500 долларов. Каждый клиент купит и компьютер, и принтер, и вы получите 3000 долларов выручки. При объединении в набор компьютера и принтера можно извлечь больше выгоды из общей потребительской ценности. Объединение в набор действует эффективнее, если корреляция для потребительской ценности продуктов, включенных в набор, является отрицательной. В приведенном примере корреляция между ценностью продуктов отрицательная, поскольку клиент, который высоко оценивает принтер, дает низкую оценку компьютеру, а клиент, для которого принтер малоценен, высоко оценивает компьютер.

Когда вы приезжаете в тематический парк, такой как Диснейленд, вы не покупаете билет на каждый аттракцион. Вместо этого вы покупаете билет на вход в парк. Это пример чистого объединения в набор, поскольку потребитель не имеет возможности заплатить за подмножество предлагаемых продуктов. Такой подход уменьшает очереди (представьте очередь на каждый аттракцион) и приводит к дополнительной прибыли.

Чтобы понять причину увеличения прибыльности от объединения в набор, предположим, что имеется только один клиент и количество аттракционов, которые клиент собирается посетить, определяется следующей кривой спроса: (количество аттракционов) =  $20 - 2 \times (\text{цена аттракциона})$ . Исследование кривых спроса в главе 83 показало, что ценность, которую клиент придает  $i$ -му аттракциону, является ценой, при которой спрос равен  $i - 0,5$ . Таким образом,  $i - 0,5 = 20 - 2 \times (\text{ценность аттракциона } i)$  или (ценность аттракциона  $i$ ) =  $10,25 - (i/2)$ . Первый аттракцион стоит 9,75 доллара, второй аттракцион — 9,25 доллара и т. д. до двадцатого аттракциона, который стоит 0,25 доллара.

Предположим, что за аттракцион назначена постоянная цена и переменные затраты составляют 2 доллара за аттракцион. Требуется найти схему линейного ценообразования с максимальной прибылью. Вычисление максимальной увеличивающей прибыли цены за аттракцион представлено на листе *OnePrice* в файле *N1p.xlsx* и на рис. 86.3.

Свяжите имена в ячейках *C8:C10* с ячейками *D8:D10*. Введите пробное значение цены в ячейку *D8* и вычислите количество приобретенных билетов на аттракционы в ячейке *D9* по формуле  $=20-(2*D8)$ . Вычислите прибыль в ячейке *D12* по формуле  $=\text{спрос}*(\text{цена}-\text{себестоимость})$ . Теперь с помощью инструмента **Поиск решения** (Solver) найдите максимум значения в ячейке *D12* (прибыль) путем изменения значения в ячейке *D8* (цена). Цена в 6 долларов приведет к покупке восьми билетов на аттракционы, что позволит получить максимальную прибыль в 32 доллара.

	В	С	Д
6	Линейное		
7	ценообразование		
8		цена	\$ 6,00
9		спрос	\$ 8,00
10		себестоимость	\$ 2,00
11			
12		прибыль	\$ 32,00

Рис. 86.3. Схема линейного ценообразования с максимальной прибылью

Теперь притворимся, что это Диснейленд, и предложим клиенту только набор из 20 билетов на аттракционы. Установим цену, равную сумме потребительской ценности для каждого аттракциона ( $9,75 + 9,25 + \dots + 0,75 + 0,25 = 100,00$  долларов). Потребительская ценность всех 20 аттракционов составляет 100,00 долларов, поэтому клиент купит входной билет в парк за 100,00 долларов. Полученная прибыль составит  $100,00 - 2,00 \times (20) = 60,00$  долларов, что почти в два раза превышает прибыль при линейном ценообразовании.

### Как составить план нелинейного ценообразования с максимальной прибылью?

В этом разделе показано определение плана ценообразования для двухчастного тарифа с максимальной прибылью на примере парка аттракционов. Выполните следующие шаги:

1. Предложите пробные значения для фиксированного взноса и цены за билет на аттракцион.
2. Определите ценность каждого аттракциона для клиента: ценность аттракциона  $i = 10 - 0,5(i - 0,5) = 10,25 - 0,5i$ .
3. Определите общую ценность покупки  $i$  билетов на аттракционы.
4. Определите цену для  $i$  билетов на аттракционы: фиксированный взнос  $+ i \times (\text{цена за билет на аттракцион})$ .
5. Определите потребительский излишек для покупки  $i$  билетов на аттракционы: ценность  $i$  аттракционов  $- \text{цена } i \text{ билетов на аттракционы}$ .

6. Определите максимальный потребительский излишек.
7. Определите количество приобретенных единиц. Если максимальный потребительский излишек отрицательный, это количество равно нулю. В противном случае, с помощью функции ПОИСКПОЗ (MATCH) найдите количество единиц, приносящее максимальную прибыль.
8. С помощью функции ВПР (VLOOKUP) найдите выручку, соответствующую количеству приобретенных единиц.
9. Вычислите прибыль как (выручка – затраты).
10. С помощью таблицы данных с двумя входами определите фиксированный взнос и цену для билета на аттракцион, которые приносят максимальную прибыль.

Пример к описанному подходу представлен на листе two-part tariff в файле Npr.xlsx и на рис. 86.4.

	C	D	E	F	G	H	I	J
1						Количество аттр	15	
2	себестоимость	фикс взнос	\$	56,00		Выручка	\$93,50	
3	\$ 2,00	цена аттр	\$	2,50		Общ себестоим	\$30,00	
4					Макс излишек	0,25		
5		Аттр	Ценность	Общ ценность	Уплатч цена	Излишек		Прибыль
6		1	9,75	9,75	58,5	-48,75		\$ 63,50
7		2	9,25	19	61	-42		
8		3	8,75	27,75	63,5	-35,75		
9		4	8,25	36	66	-30		
10		5	7,75	43,75	68,5	-24,75		
11		6	7,25	51	71	-20		
12		7	6,75	57,75	73,5	-15,75		
13		8	6,25	64	76	-12		
14		9	5,75	69,75	78,5	-8,75		
15		10	5,25	75	81	-6		
16		11	4,75	79,75	83,5	-3,75		
17		12	4,25	84	86	-2		
18		13	3,75	87,75	88,5	-0,75		
19		14	3,25	91	91	0		
20		15	2,75	93,75	93,5	0,25		
21		16	2,25	96	96	0		
22		17	1,75	97,75	98,5	-0,75		
23		18	1,25	99	101	-2		
24		19	0,75	99,75	103,5	-3,75		

Рис. 86.4. Определение оптимального двухчастного тарифа

Сначала присвойте ячейке F2 имя фикс\_взнос, а ячейке F3 имя цена\_аттр. Введите в ячейки F2 и F3 пробные значения для фиксированного взноса и цены за билет на аттракцион. Затем определите ценность, которую клиент придает каждому аттракциону, скопировав формулу =10,25-(D6/2) из ячейки E6 в E7:E25. Результат показывает, что клиент оценивает первый аттракцион в 9,75 доллара, второй аттракцион — в 9,25 доллара и т. д.

Для вычисления общей ценности первых  $i$  аттракционов скопируйте формулу =СУММ(\$E\$6:E6) из F6 в F7:F25. По этой формуле суммируются значения в столбце E из текущей строки и над ней. Скопируйте формулу =фикс\_взнос+цена\_аттр\*D6 из G6



в G7:G25 для вычисления цены за  $i$  аттракционов. Например, цена пяти билетов на аттракционы — 68,50 долларов.

Напомним, что потребительский излишек для  $i$  аттракционов равен (ценность  $i$  аттракционов) – (стоимость  $i$  билетов на аттракционы). Скопируйте формулу =F6-G6 из ячейки H6 в ячейки H7:H25 для вычисления потребительского излишка при покупке билетов на любое количество аттракционов. Например, потребительский излишек для покупки билетов на пять аттракционов равен –24,75 долларов, что является следствием большого фиксированного взноса.

В ячейке H4 вычислите максимальный потребительский излишек по формуле =МАКС(H6:H25). Следует помнить, что если максимальный потребительский излишек отрицательный, предлагаемые единицы продукции не будут приобретены. В противном случае, клиент приобретет то количество единиц предлагаемой продукции, которое соответствует максимальному потребительскому излишку. Следовательно, количество приобретенных билетов на аттракционы (в данном случае, 15) определяется в ячейке I1 по формуле =ЕСЛИ(H4>=0;ПОИСКПОЗ(H4;H6:H25;0);0). Обратите внимание, что функция ПОИСКПОЗ (MATCH) возвращает число строк, на которое необходимо сдвинуться вниз в диапазоне H6:H24, для поиска первого совпадения со значением максимального излишка.

Теперь присвоим диапазону D5:G25 имя lookup. Затем в четвертом столбце этого диапазона можно найти общую выручку на основе количества приобретенных билетов на аттракционы (которое уже вычислено в ячейке I1). Общая выручка вычисляется в ячейке I2 по формуле =ЕСЛИ(I1=0;0;ВПР(I1;lookup;4)). Обратите внимание, что если билеты не были приобретены, то выручка отсутствует. Вычислите в ячейке I3 по формуле =I1\*C3 общую себестоимость катания на аттракционах для приобретенного количества билетов. В ячейке J6 по формуле =I2-I3 вычислите прибыль как выручку за вычетом расходов.

Теперь с помощью таблицы данных с двумя входами можно определить комбинацию фиксированного взноса и цены билета на аттракцион, максимально увеличивающую прибыль. Таблица данных показана на рис. 86.5. (Часть строк и столбцов данных скрыта.) При настройке таблицы данных фиксированный взнос изменялся от 10,00 до 60,00 долларов (значения в ячейках K10:K60), а цена билета на аттракцион изменялась от 0,50 до 5,00 долларов (значения в ячейках L9:BE9). Прибыль пересчитывалась в ячейке K9 по формуле =J6.

Выделите таблицу (ячейки K9:BE60) и затем на вкладке **ДАННЫЕ** (DATA) в группе **Работа с данными** (Data Tools) в списке **Анализ "что если"** (What If Analysis) выберите **Таблица данных** (Data Table). Укажите в поле **Подставлять значения по строкам в** (column input cell) ячейку F2 (фиксированный взнос), а в поле **Подставлять значения по столбцам в** (row input cell) ячейку F3 (цена билета на аттракцион). Нажмите кнопку **ОК** в диалоговом окне **Таблица данных** (Table) для вычисления прибыли по каждой комбинации фиксированного взноса и цены билета на аттракцион, представленной в таблице.

Для выделения цветом двухчастного тарифа, максимально увеличивающего прибыль, примените условное форматирование. Выделите диапазон L10:BE60. На вкладке

ке **ГЛАВНАЯ** (HOME) откройте список **Условное форматирование** (Conditional Formatting). Далее выберите **Правила отбора первых и последних значений** (Top/Bottom Rules) и **Первые 10 элементов** (Top 10 Items). Для форматирования только максимальной прибыли замените в диалоговом окне 10 на 1. Здесь фиксированный взнос 56,00 долларов и цена билета на аттракцион 2,50 доллара дают прибыль 63,50 доллара, что почти в два раза превышает прибыль при линейном ценообразовании. Фиксированный взнос 59,00 долларов и цена билета на аттракцион 2,30 доллара также дают прибыль 63,50 доллара.

	J	K	L	M	N	AE	AF	BB	BC	BD	BE
5	<b>Прибыль</b>				<b>Макс прибыль</b>						
6	\$ 63,50				\$ 63,50						
7											
8		<b>Цена аттракциона</b>									
9		\$ 63,50	0,5	0,6	0,7	2,4	2,5	4,7	4,8	4,9	5
10		10	-18,5	-17	-14,7	16	17,5	39,7	38	39	40
11		11	-17,5	-16	-13,7	17	18,5	40,7	39	40	41
12		12	-16,5	-15	-12,7	18	19,5	41,7	40	41	42
13		13	-15,5	-14	-11,7	19	20,5	42,7	41	42	43
14		14	-14,5	-13	-10,7	20	21,5	43,7	42	43	44
15		15	-13,5	-12	-9,7	21	22,5	44,7	43	44	45
16		16	-12,5	-11	-8,7	22	23,5	45,7	44	45	46
17		17	-11,5	-9,6	-7,7	23	24,5	46,7	45	46	47
18		18	-10,5	-8,6	-6,7	24	25,5	47,7	46	47	48
19		19	-9,5	-7,6	-5,7	25	26,5	48,7	47	48	49
20		20	-8,5	-6,6	-4,7	26	27,5	49,7	48	49	50
21		21	-7,5	-5,6	-3,7	27	28,5	50,7	49	50	51
22		22	-6,5	-4,6	-2,7	28	29,5	51,7	50	51	52
23		23	-5,5	-3,6	-1,7	29	30,5	52,7	51	52	53
24		24	-4,5	-2,6	-0,7	30	31,5	53,7	52	53	54
48		48	19,5	21,4	23,3	54	55,5	0	0	0	0
49	<b>Фикс. взнос</b>	49	20,5	22,4	24,3	55	56,5	0	0	0	0
50		50	21,5	23,4	25,3	56	57,5	0	0	0	0
51		51	22,5	24,4	26,3	57	58,5	0	0	0	0
52		52	23,5	25,4	27,3	58	59,5	0	0	0	0
53		53	24,5	26,4	28,3	59	60,5	0	0	0	0
54		54	25,5	27,4	29,3	60	61,5	0	0	0	0
55		55	26,5	28,4	30,3	61	62,5	0	0	0	0
56		56	27,5	29,4	31,3	62	63,5	0	0	0	0
57		57	28,5	30,4	32,3	63	0	0	0	0	0
58		58	29,5	31,4	33,3	0	0	0	0	0	0
59		59	30,5	32,4	34,3	0	0	0	0	0	0
60		60	31,5	33,4	35,3	0	0	0	0	0	0

Рис. 86.5. Таблица с двумя входами для вычисления оптимального двухчастного тарифа

Поскольку план ценообразования со скидкой с количества включает выбор трех переменных (отсечка, высокая и низкая цена), определить план со скидкой с количества, максимально увеличивающий прибыль, с помощью таблицы данных невозможно. Кажется, для определения стратегии ценообразования со скидкой с количества, максимально увеличивающей прибыль, следует взять модель поиска решения

(с изменяющимися ячейками, в которых находятся значения отсечки, высокой и низкой цены). До Microsoft Excel 2010 при определении оптимальных решений с помощью инструмента **Поиск решения** (Solver) часто возникали трудности, если значение в целевой ячейке вычислялось по формулам, содержащим функции ЕСЛИ (IF). В Microsoft Excel 2013 инструмент **Поиск решения** с легкостью решает задачу со скидками с количества, даже при наличии функций ЕСЛИ. В файле Qd.xlsx (рис. 86.6) найдите план со скидкой с количества, максимально увеличивающий прибыль, с помощью эволюционного метода поиска решения. Предположим, что все единицы продукции, приобретенные до отсечки (названной *отсечка*), проданы по высокой цене (названной *высок\_цена*), а остальные единицы — по низкой цене (названной *низк\_цена*). Единственное изменение внесено в столбец G. Присвойте ячейкам F1:F3 имена в ячейках E1:E3. Затем вычислите уплачиваемую сумму для любого количества единиц продукции, скопировав формулу =ЕСЛИ(D6<=отсечка; D6\*высок\_цена; высок\_цена\*отсечка+(D6-отсечка)\*низк\_цена) из G6 в G7:G25. Диалоговое окно **Параметры поиска решения** (Solver Parameters) с настройками показано на рис. 86.7. Как было сказано в *главе 35*, здесь необходим эволюционный метод поиска решения, поскольку в модели присутствуют функции ЕСЛИ, включающие изменяемые ячейки. Параметр **Скорость изменения** (Mutation Rate) эволюционного метода решения был изменен на 0,5. Обратите внимание на ограничение, в котором указано, что отсечка должна быть целым числом. Для всех изменяемых ячеек укажите верхнюю границу — 20 долларов. Безусловно, если при поиске решения цена приблизится к 20 долларам, следует сделать ограничение менее строгим.

	C	D	E	F	G	H	I	J
1			отсечка	4		Количество приобр	16	
2	себестоимость	высок цена	\$	18,48		Выручка	\$	95,97
3	\$2,00	низк цена	\$	1,84		Общ себестоим	\$	32,00
4					Макс излишек	0,03156491		
5		Единица	Ценность	Общ ценность	Уплат цена	Излишек		Прибыль
6		1	9,75	9,75	18,48110027	-8,731100274		\$ 63,97
7		2	9,25	19	36,96220055	-17,96220055		
8		3	8,75	27,75	55,44330082	-27,69330082		
9		4	8,25	36	73,9244011	-37,9244011		
10		5	7,75	43,75	75,76140393	-32,01140393		
11		6	7,25	51	77,59840676	-26,59840676		
12		7	6,75	57,75	79,4354096	-21,6854096		
13		8	6,25	64	81,27241243	-17,27241243		
14		9	5,75	69,75	83,10941526	-13,35941526		
15		10	5,25	75	84,94641809	-9,946418094		
16		11	4,75	79,75	86,78342093	-7,033420926		
17		12	4,25	84	88,62042376	-4,620423759		
18		13	3,75	87,75	90,45742659	-2,707426592		
19		14	3,25	91	92,29442942	-1,294429425		
20		15	2,75	93,75	94,13143226	-0,381432257		
21		16	2,25	96	95,96843509	0,03156491		
22		17	1,75	97,75	97,80543792	-0,055437923		
23		18	1,25	99	99,64244076	-0,642440755		
24		19	0,75	99,75	101,4794436	-1,729443588		
25		20	0,25	100	103,3164464	-3,316446421		

Рис. 86.6. Поиск решения для плана со скидкой с количества, максимально увеличивающего прибыль

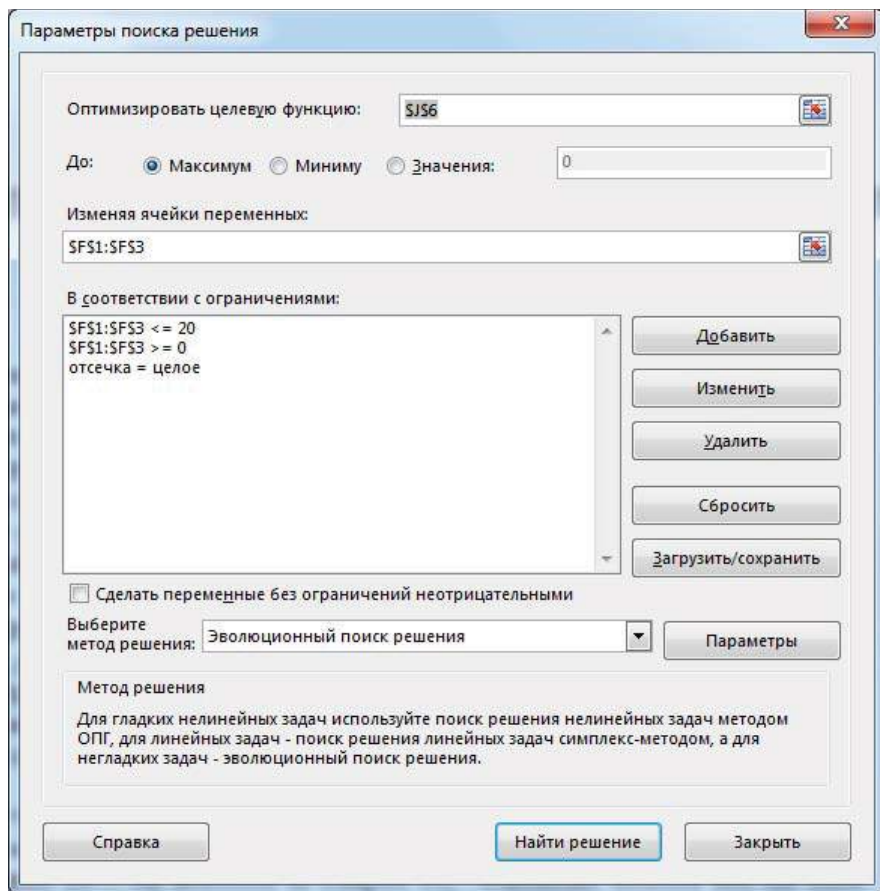


Рис. 86.7. Настройки поиска решения для плана со скидкой с количества, максимально увеличивающего прибыль

**Поиск решения** дает максимальную прибыль 63,97 доллара, полученную при цене 18,48 доллара на первые четыре приобретенные единицы продукции и цене 1,84 доллара на остальные единицы продукции. Клиенты купят 16 единиц продукции. Если бы поиск решения выполнялся дольше, был бы найден истинный максимум прибыли, составляющий 64,00 доллара.

## Задания

У небольшого загородного клуба имеется три типа клиентов. Их оценки для каждого раунда игры в гольф в течение месяца приведены в табл. 86.2.

1. Найдите двухчастный тариф, максимально увеличивающий прибыль.
2. Предположим, что клуб предлагает чистое объединение в набор. Например, член клуба может сыграть до пяти раундов в гольф за 60 долларов в месяц. Член клуба не имеет возможности выбрать какой-либо другой вариант, кроме этого. Какой чистый набор максимально увеличивает прибыль?

Таблица 86.2

Номер раунда	Клиенты типа 1, долларов	Клиенты типа 2, долларов	Клиенты типа 3, долларов
1	60	50	40
2	50	45	30
3	40	30	20
4	30	15	10
5	20	0	0
6	10	0	0

# Функции и формулы массива

### Обсуждаемые вопросы

- ◆ Что такое формула массива?
- ◆ Как интерпретировать формулы, такие как  $= (D2:D7) * (E2:E7)$  и  $=СУММ(D2:D7*E2:E7)$ ?
- ◆ Имеется список имен в столбце. Имена в списке часто меняются. Существует ли простой способ переноса перечисленных имен в строку так, что изменения имен в исходном столбце отражались бы в этой новой строке?
- ◆ Имеется список ежемесячных доходов по акции. Существует ли способ определения количеств доходов в интервалах от  $-30$  до  $-20\%$ , от  $-10$  до  $0\%$  и т. д., которые обновлялись бы автоматически при изменении исходных данных?
- ◆ Как составить формулу, суммирующую вторые цифры из списка целых чисел?
- ◆ Существует ли способ просмотра двух списков и определения имен, встречающихся в обоих списках?
- ◆ Как составить формулу, вычисляющую среднее значение для чисел в списке, которые больше или равны медиане списка?
- ◆ У небольшой компании, торгующей декоративной косметикой, имеется база данных по продажам, в которой указан менеджер по продажам, количество проданных единиц продукции и сумма в долларах для каждой сделки. Для обобщения этих данных подойдут статистические функции или функции СЧЁТЕСЛИМН (COUNTIFS), СУММЕСЛИМН (SUMIFS) и СРЗНАЧЕСЛИМН (AVERAGEIFS). Можно ли с помощью функций, возвращающих массив, обобщить эти данные и ответить на вопросы типа: сколько единиц косметики продал менеджер, или сколько помады было продано, или сколько единиц косметики было продано определенным менеджером и сколько было продано помады?
- ◆ Что такое массив констант и для чего он предназначен?
- ◆ Как изменить формулу массива?
- ◆ Как оценить тренд и сезонность выручки для магазина игрушек по заданной квартальной выручке?
- ◆ Как вычислить медианный размер сделки в каждой стране по заданному списку сделок в различных странах?

## Ответы на вопросы

В этом разделе приведены ответы на вопросы, перечисленные в начале главы.

### Что такое формула массива?

В Microsoft Excel формулы массива часто предоставляют наименее затратный или наиболее эффективный подход к выполнению сложных вычислений. Результат вычисления формулы массива помещается или в одну ячейку, или в диапазон ячеек. Формулы массива выполняют операции на двух или более наборах значений, называемых *аргументами-массивами*. Все аргументы-массивы, указанные в формуле, должны содержать одинаковое число строк и одинаковое число столбцов.

При вводе формулы массива сначала следует выделить диапазон, в который будут помещены результаты вычисления формулы. Затем после ввода формулы в первую ячейку выделенного диапазона *необходимо нажать клавиши <Ctrl>+<Shift>+<Enter>*. Если не нажать клавиши <Ctrl>+<Shift>+<Enter>, то полученные результаты будут неправильными или бессмысленными. Процесс ввода формулы массива и последующее нажатие клавиш <Ctrl>+<Shift>+<Enter> можно назвать *вводом массива в формулу*.

Excel также содержит целый ряд функций, возвращающих массив. В *главе 42* рассмотрена функция *МОДА.НСК (MODE.MULT)*, возвращающая массив. Еще две такие функции, *ЛИНЕЙН (LINEST)* и *ТЕНДЕНЦИЯ (TREND)*, встречались в *главах 57* и *58*. Как сказано в этих главах, перед использованием функции или формулы массива сначала необходимо выделить диапазон, в который должны быть записаны результаты. Затем после ввода функции или формулы в первую ячейку выделенного диапазона необходимо нажать комбинацию клавиш <Ctrl>+<Shift>+<Enter>. В этой главе представлены еще три функции: *ТРАНСП (TRANSPOSE)*, *ЧАСТОТА (FREQUENCY)* и *ЛГРФПРИБЛ (LOGEST)*. Кроме того, здесь описывается способ создания собственных формул массива.

В дальнейшем будет показано, что удалить какую-либо часть диапазона ячеек, содержащего результаты, вычисленные по формуле массива, невозможно. Кроме того, формулу массива нельзя скопировать в диапазон, содержащий и пустые ячейки, и формулы массива. Например, если в ячейке C10 находится формула массива, то скопировать ее в диапазон C10:J15 невозможно, поскольку диапазон содержит пустые ячейки и формулу массива в ячейке C10. Для решения этой проблемы скопируйте формулу из C10 в D10:J10, а затем скопируйте содержимое диапазона C10:J10 в C11:J15.

Наиболее эффективным способом знакомства с функциями и формулами массива является их использование на практике, так что приступим к рассмотрению примеров.

### Как интерпретировать формулы, такие как $= (D2:D7) * (E2:E7)$ и $=СУММ(D2:D7*E2:E7)$ ?

На листе *Total Wages* в файле *Arrays.xlsx* указано количество отработанных часов и почасовая ставка заработной платы для шести сотрудников (рис. 87.1).

	C	D	E	F	G
1		Часы	Почасовая ставка	Зарплата сотрудника	Итоговая сумма
2	Джон	3	\$ 6,00	\$ 18,00	\$ 295,00
3	Джек	4	\$ 7,00	\$ 28,00	
4	Джил	5	\$ 8,00	\$ 40,00	
5	Джейн	8	\$ 9,00	\$ 72,00	
6	Джин	6	\$ 10,00	\$ 60,00	
7	Джослин	7	\$ 11,00	\$ 77,00	

Рис. 87.1. Вычисление заработной платы с помощью формулы массива

Если требуется вычислить общий объем заработной платы для каждого сотрудника, можно просто скопировать формулу =D3=2\*E2 из ячейки F2 в ячейки F3:F7. В таком подходе нет никакой ошибки, но формула массива дает более элегантное решение. Начните с выделения диапазона F2:F7, в котором будет рассчитан общий объем заработной платы для каждого сотрудника. Затем введите формулу =(D2:D7\*E2:E7) и нажмите клавиши <Ctrl>+<Shift>+<Enter>. Общая заработная плата каждого сотрудника будет вычислена правильно. Кроме того, в строке формул появится формула {=(D2:D7\*E2:E7)}. Фигурные скобки свидетельствуют о том, что в Excel создана формула массива. (Далее в примерах этой главы вводить фигурные скобки в начале и конце формулы не нужно, они только указывают, что формула является формулой массива.)

Для просмотра работы формулы щелкните в строке формул, выделите D2:D7 в формуле и нажмите клавишу <F9>. В строке появится выражение {3; 4; 5; 8; 6; 7}, так Excel представляет диапазон ячеек D2:D7 в виде массива. Теперь выделите в строке формул E2:E7 и снова нажмите <F9>. В строке появится выражение {6; 7; 8; 9; 10; 11} — массив, соответствующий диапазону E2:E7. Звездочка (\*) указывает на перемножение соответствующих элементов массивов. Поскольку перемножаемые диапазоны включают по шесть ячеек каждый, в Excel создаются массивы из шести элементов, и поскольку был выделен диапазон из шести ячеек, зарплата каждого сотрудника отображается в своей собственной ячейке. Если бы был выделен диапазон только из пяти ячеек, шестой элемент массива не был бы отображен.

Предположим, что требуется вычислить итоговую сумму зарплат всех сотрудников. Это можно сделать, например, с помощью формулы =СУММПРОИЗВ(D2:D7;E2:E7). Но, как и в предыдущем случае, для вычисления итоговой суммы попробуем создать формулу массива. Начните с выделения одной ячейки (G2 в данном случае), в которую будет записан результат. Затем в ячейку G2 введите формулу {=СУММ(D2:D7\*E2:E7)}. После нажатия комбинации клавиш <Ctrl>+<Shift>+<Enter> появится результат (3)(6) + (4)(7) + (5)(8) + (8)(9) + (6)(10) + (7)(11) = 295. Для отслеживания работы формулы выделите часть формулы D2:D7\*E2:E7 в строке формул и нажмите клавишу <F9>. В строке появится выражение СУММ({18;28;40;83;60;77}), которое показывает, что в Excel создан массив из шести элементов, с первым элементом 3\*6(18), вторым элементом 4\*7(28) и т. д. до последнего элемента 7\*11(77). Затем значения элементов массива суммируются, и в результате получается 295 долларов.



**Имеется список имен в столбце. Имена в списке часто меняются. Существует ли простой способ переноса перечисленных имен в строку так, что изменения имен в исходном столбце отражались бы в этой новой строке?**

В файле `Arrays.xlsx` на листе `Transpose` (рис. 87.2), содержится список имен в ячейках `A4:A8`. Задача состоит в переносе этих имен в одну строку (диапазон ячеек `C3:G3`). Если известно, что исходный список имен никогда не будет изменяться, можно для решения этой задачи скопировать диапазон ячеек и установить флажок **транспонировать** (`Transpose`) в диалоговом окне **Специальная вставка** (`Paste Special`). (Дополнительную информацию см. в главе 13.) К сожалению, при использовании специальной вставки, если имена в столбце `A` изменятся, имена в строке `3` не будут отражать эти изменения. В такой ситуации необходима функция `ТРАНСП` (`TRANSPOSE`).

	A	B	C	D	E	F	G
2							
3			Джули	Джейсон	Джек	Джил	Джейн
4	Джули						
5	Джейсон						
6	Джек						
7	Джил						
8	Джейн						

Рис. 87.2. Применение функции `ТРАНСП`

Функция `ТРАНСП` — это функция, возвращающая массив, которая преобразует строки выбранного диапазона в столбцы и наоборот. В этом примере перед использованием функции `ТРАНСП` выделите диапазон `C3:G3`, в который должен быть помещен транспонированный список имен. Затем в ячейку `C3` введите формулу массива `{=ТРАНСП(A4:A8)}`. Сейчас список имен находится в одной строке. Важнее то, что теперь при изменении имен в диапазоне `A4:A8` соответствующие имена в транспонированном диапазоне также изменятся.

**Имеется список ежемесячных доходов по акции. Существует ли способ определения количеств доходов в интервалах от  $-30$  до  $-20\%$ , от  $-10$  до  $0\%$  и т. д., которые обновлялись бы автоматически при изменении исходных данных?**

Для решения этой задачи подойдет функция `ЧАСТОТА` (`FREQUENCY`). Эта функция вычисляет, сколько значений в массиве (называемом массивом данных) попадает в заданные интервалы значений (указанные в массиве интервалов). Функция `ЧАСТОТА` имеет синтаксис: `ЧАСТОТА(массив_данных; массив_интервалов)`.

Иллюстрация к работе функции `ЧАСТОТА` находится в файле `Arrays.xlsx` на листе `Frequency` (рис. 87.3). На нем в диапазоне ячеек `A4:A77` перечислены ежемесячные доходы по фиктивной акции.

В ячейках `A1` и `A2` (с помощью функций `МИН` и `МАКС`) вычислено, что все доходы находятся в интервале от  $-44$  до  $53\%$ . На основе этой информации можно установить значения границ в ячейках `C7:C17`, начиная с  $-0,4$  и заканчивая  $0,6$ . Затем выделите диапазон `D7:D18`, в который будут помещены результаты выполнения функции

ЧАСТОТА. В этом диапазоне в ячейке D7 будет подсчитано число точек данных не больше -0,4. В ячейке D8 будет подсчитано число точек данных больше -0,4 и не больше -0,3 и т. д. В ячейке D17 будет подсчитано число всех точек данных больше 0,5 и не больше 0,6 и, наконец, в ячейке D18 — число всех точек данных больше 0,6.

	A	B	C	D	E
1	минимум	-43,84%			
2	максимум	52,56%			
3	Доход				
4	43,81%			Всего	
5	-8,30%			74	
6	-25,12%		Диапазон интервалов		
7	-43,84%		-0,4	1	
8	-8,64%		-0,3	1	
9	49,98%		-0,2	2	
10	-1,19%		-0,1	5	
11	46,74%		0	13	
12	31,94%		0,1	11	
13	-35,34%		0,2	13	
14	29,28%		0,3	12	
15	-1,10%		0,4	11	
16	-10,67%		0,5	4	
17	-12,77%		0,6	1	
18	19,17%			0	

Рис. 87.3. Применение функции ЧАСТОТА

Введите формулу =ЧАСТОТА(A4:A77;C7:C17) и нажмите комбинацию клавиш <Ctrl>+<Shift>+<Enter>. По этой формуле подсчитывается число точек данных из A4:A77 (массива данных), принадлежащих каждому из интервалов, определенных в C7:C17. Результаты вычисления формулы показывают, что одна точка данных больше -0,4 и не больше -0,3. Тринадцать точек данных больше 0,1 и не больше 0,2. Если в массиве данных изменить любую точку данных, результаты, возвращенные функцией ЧАСТОТА в ячейках D7:D17, будут отражать эти изменения данных.

### Как составить формулу, суммирующую вторые цифры из списка целых чисел?

В файле Arrays.xlsx на листе Sum Up 2nd Digit в ячейках A4:A10 находится список из семи целых чисел (рис. 87.4). Требуется просуммировать вторые цифры каждого числа с помощью одной формулы. Эту сумму можно было бы получить, скопировав формулу =ЗНАЧЕН(ПСТР(A4;2;1)) из B4 в B5:B10. По этой формуле вычисляется (как числовое значение) второй символ в ячейке A4. Затем можно сложить значения в диапазоне B4:B10 и получить в общей сложности 27.

Функция, возвращающая массив, намного упрощает этот процесс. Просто выделите ячейку C7 и введите формулу массива {=СУММ(ЗНАЧЕН(ПСТР(A4:A10;2;1))}. По этой формуле будет вычислен правильный результат — 27.

Для просмотра работы функции выделите часть формулы ПСТР(A4:A10;2;1) в строке формул и нажмите клавишу <F9>. Появится выражение {"4";"5";"6";"6";"0";"3";"3"}. Эта строка значений показывает, что в ячейках A4:A10 создан массив, состоящий из вторых цифр (рассматриваемых как текст). Часть формулы с функцией ЗНАЧЕН

(VALUE) преобразует эти текстовые строки в числовые значения, которые суммируются функцией СУММ.

Обратите внимание, что в ячейку A11 введено число из одной цифры. Поскольку у этого числа вторая цифра отсутствует, часть формулы с функцией ПСТР (MID) возвращает сообщение об ошибке #ЗНАЧ!. Каким образом следует изменить эту формулу массива для учета целых чисел, состоящих из одной цифры? Просто введите в ячейку E8 формулу массива {СУММ(ЕСЛИ(ДЛСТР(A4:A11)>=2; ЗНАЧЕН(ПСТР(A4:A11;2;1));0))}. По этой формуле любое целое число из одной цифры заменяется значением 0 и в результате получается правильная сумма.

	A	B	C	D	E
1		Всего			
2		27			
3					
4	140	4			
5	85	5			
6	76	6			
7	1610	6	27		Перехват ошибок
8	302	0			27
9	434	3			
10	13	3			
11	1	#ЗНАЧ!			

Рис. 87.4. Суммирование вторых цифр в наборе целых чисел

**Существует ли способ просмотра двух списков и определения имен, встречающихся в обоих списках?**

В файле Arrays.xlsx на листе Matching Names хранятся два списка имен (в столбцах D и E), как показано на рис. 87.5. Здесь требуется определить, какие имена из первого списка встречаются также во втором списке. Для решения задачи выделите диапазон C5:C28 и введите формулу массива {=ПОИСКПОЗ(D5:D28;E5:E28;0)} в ячейку C5. Эта формула относится ко всему диапазону C5:C28. В ячейке C5 по этой формуле проверяется, имеет ли имя в ячейке D5 совпадения в столбце E. Если совпадения существуют, возвращается позиция первого совпадения в диапазоне E5:E28. Если совпадения не существует, возвращается сообщение об ошибке #Н/Д (недоступно). Аналогично, в ячейке C6 проверяется, имеет ли совпадения второе имя из первого списка. Как видно из рисунка, например, имя Artest не встречается во втором списке, а имя Harrington встречается (первое совпадение во второй ячейке диапазона E5:E28).

Чтобы записать в ячейку значение Да для каждого имени из первого списка, встречающегося во втором списке, и Нет для каждого имени из первого списка, не совпадающего с именами во втором списке, выделите диапазон ячеек B5:B28 и введите в ячейку B5 формулу массива {=ЕСЛИ(ЕОШИБКА(C5:C28);"Нет";"Да")}. По этой формуле для каждой ячейки в C5:C28, содержащей сообщение об ошибке #Н/Д, записывается Нет и для всех ячеек с числовыми значениями записывается Да. Обратите внимание, что формула =ЕОШИБКА(x) дает в результате ИСТИНА, если в x имеется ошибка, и ЛОЖЬ в противном случае.

	B	C	D	E
4			Список 1	Список 2
5	Нет	#Н/Д	Artest	BMiller
6	Нет	#Н/Д	Artest	Harrington
7	Да	2	Harrington	BMiller
8	Нет	#Н/Д	Artest	Harrington
9	Нет	#Н/Д	Artest	Harrington
10	Нет	#Н/Д	Artest	BMiller
11	Да	2	Harrington	BMiller
12	Нет	#Н/Д	Artest	Mercer
13	Нет	#Н/Д	Artest	Harrington
14	Нет	#Н/Д	Artest	Harrington
15	Да	8	Mercer	BMiller
16	Нет	#Н/Д	Artest	Mercer
17	Нет	#Н/Д	O'Neal	RMiller
18	Нет	#Н/Д	O'Neal	BMiller
19	Нет	#Н/Д	O'Neal	RMiller
20	Нет	#Н/Д	O'Neal	RMiller
21	Да	13	RMiller	BMiller
22	Нет	#Н/Д	O'Neal	RMiller
23	Нет	#Н/Д	O'Neal	RMiller
24	Да	13	RMiller	BMiller
25	Нет	#Н/Д	O'Neal	Mercer
26	Нет	#Н/Д	O'Neal	BMiller
27	Нет	#Н/Д	O'Neal	RMiller
28	Нет	#Н/Д	O'Neal	BMiller

Рис. 87.5. Поиск совпадений в двух списках

	D	E	F	G
2		медиана	243	
3		ответ	324,2977	по формуле
4	Цена			
5	224			
6	321		324,2977	с массивом
7	133			
8	310			
9	370			
10	223			
11	380			
12	253			
13	211			
14	248			
15	146			
16	334			

Рис. 87.6. Среднее значение для цен, которые больше или равны медиане цены

### Как составить формулу, вычисляющую среднее значение для чисел в списке, которые больше или равны медиане списка?

В файле Arrays.xlsx на листе Average Those > Median (рис. 87.6) диапазон D5:D785 (с именем Prices) содержит список цен. Требуется получить среднее значение для всех цен, которые не уступают медиане цены. В ячейке F2 вычислите медиану по формуле =МЕДИАНА(prices). В ячейке F3 вычислите среднее значение чисел, которые больше или равны медиане, по формуле =СУММЕСЛИ(prices; ">="&F2; prices)/СЧЁТЕСЛИ(prices; ">="&F2). По этой формуле суммируются все цены, не уступающие, по крайней мере, значению медианы (243), и затем сумма делится на число цен, не уступающих значению медианы. Среднее значение для всех цен, которые больше или равны медиане цены, составило 324,30 доллара.

Более простой подход состоит в выделении ячейки F6 и вводе формулы массива {=СРЗНАЧ(ЕСЛИ(prices>=МЕДИАНА(prices);prices;"))}. Эта формула создает массив, содержащий цену, если цена больше или равна медиане цены, или пробел в противном случае. Вычисление среднего значения для этого массива дает требуемый результат.

У небольшой компании, торгующей декоративной косметикой, имеется база данных по продажам, в которой указан менеджер по продажам, количество проданных единиц продукции и сумма в долларах для каждой сделки. Для обобщения этих данных подойдут статистические функции или функции

СЧЁТЕСЛИМН (COUNTIFS), СУММЕСЛИМН (SUMIFS) и СРЗНАЧЕСЛИМН (AVERAGEIFS). Можно ли с помощью функций, возвращающих массив, обобщить эти данные и ответить на вопросы типа: сколько единиц косметики продал менеджер, или сколько помады было продано, или сколько единиц косметики было продано определенным менеджером и сколько было продано помады?

В файле Makeuparray.xlsx хранится список 1900 торговых сделок косметической компании. Для каждой сделки указаны: номер сделки, менеджер по продажам, дата сделки, проданный продукт, количество проданных единиц продукции и объем продаж в долларах. Часть данных представлена на рис. 87.7.

	I	J	K	L	M	N
4	Номер сделки	Имя	Дата	Продукт	Количество	Сумма
5	1	Betsy	01.04.2004	lip gloss	45	\$ 137,20
6	2	Hallagan	10.03.2004	foundation	50	\$ 152,01
7	3	Ashley	25.02.2005	lipstick	9	\$ 28,72
8	4	Hallagan	22.05.2006	lip gloss	55	\$ 167,08
9	5	Zaret	17.06.2004	lip gloss	43	\$ 130,60
10	6	Colleen	27.11.2005	eye liner	58	\$ 175,99
11	7	Cristina	21.03.2004	eye liner	8	\$ 25,80
12	8	Colleen	17.12.2006	lip gloss	72	\$ 217,84
13	9	Ashley	05.07.2006	eye liner	75	\$ 226,64
14	10	Betsy	07.08.2006	lip gloss	24	\$ 73,50
15	11	Ashley	29.11.2004	mascara	43	\$ 130,84
16	12	Ashley	18.11.2004	lip gloss	23	\$ 71,03
17	13	Emilee	31.08.2005	lip gloss	49	\$ 149,59
18	14	Hallagan	01.01.2005	eye liner	18	\$ 56,47
19	15	Zaret	20.09.2006	foundation	-8	\$ (21,99)
20	16	Emilee	12.04.2004	mascara	45	\$ 137,39
21	17	Colleen	30.04.2006	mascara	66	\$ 199,65
22	18	Jen	31.08.2005	lip gloss	88	\$ 265,19
23	19	Jen	27.10.2004	eye liner	78	\$ 236,15
24	20	Zaret	27.11.2005	lip gloss	57	\$ 173,12
25	21	Zaret	02.06.2006	mascara	12	\$ 38,08

Рис. 87.7. База данных косметической компании

Эти данные могут быть обработаны с помощью статистических функций для баз данных, описанных в главе 48, или с помощью функций СЧЁТЕСЛИМН (COUNTIFS) и СУММЕСЛИМН (SUMIFS). (См. главы 19 и 20.) Как будет показано в этой главе, простую и мощную альтернативу этим функциям составляют функции, возвращающие массив.

◆ **Сколько единиц косметики продала Джен?** На этот вопрос легко ответить с помощью функции СУММЕСЛИ (SUMIF). На указанном листе диапазону J5:J1904 присвойте имя Имя, а диапазону M5:M1904 — имя Количество. В ячейку E7 введите формулу =СУММЕСЛИ(Имя;"Jen";Количество) для суммирования всех единиц продукции, проданных Джен (Jen). Всего Джен продала 9537 единиц продукции. Также ответ на этот вопрос можно получить путем ввода формулы массива {=СУММ(ЕСЛИ(J5:J1904="Jen";M5:M1904;0))} в ячейку E6. Эта формула создает массив,

содержащий количества проданных единиц продукции в сделках Джен и 0 для всех остальных сделок.

Таким образом, суммирование элементов этого массива также дает в результате количество единиц продукции, проданной Джен, — 9537 (рис. 87.8).

	A	B	C	D	E	F	G
5					количество косметики, проданное Джен	количество помады, проданное Джен	количество, проданное Джен или помада
6				функции массива	9537	1299	17061
7				другие функции	9537	1299	17061
8							
9					Имя	Продукт	
10					Jen	lipstick	
11							
12					Имя	Продукт	
13					Jen		
14						lipstick	
15							
16		eye liner	foundation	lip gloss	lipstick	mascara	
17	Ashley	1920	1373	1985	1066	2172	
18	Betsy	1987	2726	1857	1305	1582	
19	Cici	1960	2031	1701	1035	2317	
20	Colleen	1107	2242	1831	765	2215	
21	Cristina	1770	1729	1734	788	1790	
22	Emilee	2490	1803	1725	720	1545	
23	Hallagan	2288	2387	1840	1045	1873	
24	Jen	2302	1883	1792	1299	2261	
25	Zaret	2715	2117	1868	800	1268	

Рис. 87.8. Суммирование данных с помощью формул массива

◆ **Сколько помады продала Джен?** Для решения этой задачи необходим критерий обработки только двух столбцов (Имя и Продукт). Ответ можно получить в ячейке F7 по формуле =БДСУММ(J4:N1904;4;E9:F10) со статистической функцией для баз данных. Как видно из рис. 87.8, Джен продала 1299 тюбиков помады. На этот вопрос можно также ответить с помощью формулы массива {=СУММ((J5:J1904="Jen")\*(L5:L1904="lipstick")\*M5:M1904)}, введенной в ячейку F6.

Для понимания этой формулы необходимо вспомнить немного булеву алгебру. Для части формулы (J5:J1904="Jen") создается булевый массив. Для каждой ячейки в J5:J1904, содержащей слово Jen, в массив включается значение ИСТИНА, а для каждой ячейки в J5:J1904, которая не содержит слово Jen, в массив включается значение ЛОЖЬ. Аналогично, для части формулы (L5:L1904="lipstick") также создается булевый массив, в котором значения ИСТИНА соответствуют каждой ячейке в диапазоне, содержащей слово lipstick, а значение ЛОЖЬ соответствует каждой ячейке, которая это слово не содержит. При перемножении булевых массивов создается еще один массив по следующим правилам:

- ИСТИНА\*ИСТИНА = 1;
- ИСТИНА\*ЛОЖЬ = 0;

- $\text{ЛОЖЬ} * \text{ИСТИНА} = 0$ ;
- $\text{ЛОЖЬ} * \text{ЛОЖЬ} = 0$ .

Другими словами, перемножение булевых массивов имитирует оператор и. При умножении произведения булевых массивов на значения в диапазоне  $\text{M5:M1904}$  создается новый массив. В любой строке, соответствующей продаже помады менеджером Джен, этот массив содержит количество проданной помады. Во всех остальных строках этого массива содержится значение 0. Сумма элементов этого массива дает общее количество помады, проданной Джен (1299 шт.).

- ◆ **Сколько единиц продукции было продано Джен и сколько было продано помады?** В ячейке  $\text{G7}$  с помощью статистической функции для баз данных  $=\text{БДСУММ}(\text{J4:N1904};4;\text{E12:F14})$  вычислено, что единицы продукции, проданные Джен, и проданная помада в сумме составили 17 061 шт. В ячейке  $\text{G6}$  вычислите сумму для количества продукции, проданной Джен, и количества проданной помады по формуле массива  $\{\text{СУММ}(\text{ЕСЛИ}((\text{J5:J1904}=\text{"jen"})+(\text{L5:L1904}=\text{"lipstick"});1;0)*\text{M5:M1904})\}$ .

Как и в предыдущем случае, часть формулы  $(\text{J5:J1904}=\text{"jen"})+(\text{L5:L1904}=\text{"lipstick"})$  создает два булевых массива. Первый массив содержит значения ИСТИНА тогда и только тогда, когда менеджером по продажам является Джен (в формуле регистр не учитывается). Второй массив содержит значения ИСТИНА тогда и только тогда, когда проданный продукт является помадой (lipstick). Булевы массивы складываются по следующим правилам:

- $\text{ЛОЖЬ} + \text{ИСТИНА} = 1$ ;
- $\text{ИСТИНА} + \text{ИСТИНА} = 1$ ;
- $\text{ИСТИНА} + \text{ЛОЖЬ} = 1$ ;
- $\text{ЛОЖЬ} + \text{ЛОЖЬ} = 0$ .

- ◆ Другими словами, сложение булевых массивов имитирует оператор или. Таким образом, по этой формуле создается массив, в котором для каждой строки, где Джен является менеджером по продажам или помада является проданным продуктом, количество проданных единиц продукции умножается на 1. Во всех остальных строках количество проданных единиц продукции умножается на 0. Результат тот же, что и со статистической функцией для баз данных (17 061 шт.).

- ◆ **Как просуммировать количество единиц каждого продукта, проданного каждым менеджером?** Формулы массива просто предназначены для ответа на такие вопросы. Сначала составьте список менеджеров по продажам в диапазоне ячеек  $\text{A17:A25}$  и список названий продуктов в диапазоне ячеек  $\text{B16:F16}$ . Затем в ячейку  $\text{B17}$  введите формулу массива  $\{\text{СУММ}((\text{\$J\$5:\$J\$1904}=\text{\$A17})*(\text{\$L\$5:\$L\$1904}=\text{B\$16})*\text{\$M\$5:\$M\$1904})\}$ .

Эта формула вычисляет только количество подводки для глаз (eyeliner), проданной Эшли (Ashley), — 1920 шт. Скопировав эту формулу в  $\text{C17:F17}$ , можно вычислить количество единиц каждого продукта, проданного Эшли. Скопируйте формулу из  $\text{C17:F17}$  в  $\text{C18:C25}$  и вычислите количество единиц каждого продукта,

проданного каждым менеджером по продажам. Обратите внимание, что необходимо добавить знак доллара к А в ссылке на ячейку А17 для получения имени соответствующего менеджера и знак доллара к 16 в ссылке на ячейку В16 для получения соответствующего продукта.

### ПРИМЕЧАНИЕ

Внимательные читатели могут спросить, почему для заполнения таблицы просто не выделить формулу в В17 и попытаться скопировать ее за один шаг? Напомним, что невозможно скопировать формулу массива в диапазон, содержащий и пустые ячейки, и формулы массива. Вот почему необходимо сначала скопировать формулу из В17 в С17:F17, а затем уже перетащить ее вниз для завершения таблицы.

### Что такое массив констант и для чего он предназначен?

Можно создать собственные массивы и применять их в формулах массива. Просто заключите значения элементов массива в фигурные скобки { }. Кроме того, текст необходимо указывать в двойных кавычках (" "). В качестве элементов массива можно также включать логические значения ИСТИНА или ЛОЖЬ. Формулы или символы, например знак доллара или запятая, в массивах констант недопустимы.

В качестве примера использования массива констант рассмотрим лист *Creating Powers* в файле *Arrays.xlsx* (рис. 87.9).

	С	D	E	F
3	Объем продаж	Объем продаж^2	Объем продаж^3	Объем продаж^4
4	2	4	8	16
5	4	16	64	256
6	8	64	512	4096
7	10	100	1000	10000
8	14	196	2744	38416
9	20	400	8000	160000

Рис. 87.9. Возведение объемов продаж во вторую, третью и четвертую степень

На этом листе даны объемы продаж за шесть месяцев, и для каждого месяца требуется создать вторую, третью и четвертую степень объемов продаж. Просто выделите диапазон D4:F9, в который будут помещены результаты вычислений. Введите формулу массива {=C4:C9^{2,3,4}} в ячейку D4. По этой формуле в диапазоне D4:D9 каждое значение из диапазона C4:C9 возводится в квадрат. В диапазоне ячеек E4:E9 по этой формуле каждое значение из C4:C9 возводится в куб. Наконец, в диапазоне ячеек F4:F9 каждое число из диапазона C4:C9 возводится в четвертую степень. Массив констант {2, 3, 4} необходим для перебора значений степени.

### Как изменить формулу массива?

Предположим, что формула массива создает результаты в нескольких ячейках и что необходимо изменить, переместить или удалить результаты. Отдельный элемент массива изменить невозможно. Для изменения формулы массива внесите изменения в любую ячейку массива и затем нажмите комбинацию клавиш <Ctrl>+<Shift>+<Enter> для применения изменений. Теперь весь массив будет обновлен.



## Как оценить тренд и сезонность выручки для магазина игрушек по заданной квартальной выручке?

В файле Toysrustrend.xlsx (рис. 87.10) содержатся данные о квартальной выручке (в миллионах долларов) магазина игрушек за 1997—2002 гг. Необходимо оценить квартальную тенденцию выручки, а также сезонность, связанную с каждым кварталом (первый квартал: январь—март; второй квартал: апрель—июнь; третий квартал: июль—сентябрь; четвертый квартал: октябрь—декабрь). Например, тенденция 1% за квартал означает, что продажи повысились на 1% за квартал. Индекс сезонности 0,80 для первого квартала, например, означает, что продажи за первый квартал составляют приблизительно 80% от продаж среднего квартала.

	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1													
2								средн квартал	0,5822	к4	172%		
3													
4					1	2	3	индекс	80%	73%	75%		
5	Год	Квартал	Продажи	Номер кварт	K1 макет	K2 макет	K3 макет	Прогноз	к3	к2	к1	тренд	конст
6	1997	1	1646	1	1	0	0	1853,104665	0,46777	0,4	0,435	1,009	4220
7	1997	2	1738	2	0	1	0	1826,702203					
8	1997	3	1883	3	0	0	1	2025,018084					
9	1997	4	4868	4	0	0	0	4366,196216					
10	1998	1	1924	5	1	0	0	1917,500329					
11	1998	2	1989	6	0	1	0	1890,180377					
12	1998	3	2142	7	0	0	1	2095,387765					
13	1998	4	4383	8	0	0	0	4517,922188					
14	1999	1	2043	9	1	0	0	1984,133752					
15	1999	2	2020	10	0	1	0	1955,864428					
16	1999	3	2171	11	0	0	1	2168,202803					
17	1999	4	4338	12	0	0	0	4674,920659					
18	2000	1	2186	13	1	0	0	2053,082697					
19	2000	2	2204	14	0	1	0	2023,83101					
20	2000	3	2465	15	0	0	1	2243,548175					
21	2000	4	5027	16	0	0	0	4837,374851					
22	2001	1	2319	17	1	0	0	2124,427627					
23	2001	2	1994	18	0	1	0	2094,15944					
24	2001	3	2220	19	0	0	1	2321,51181					
25	2001	4	4799	20	0	0	0	5005,474351					
26	2002	1	2061	21	1	0	0	2198,251805					
27	2002	2	2021	22	0	1	0	2166,931793					

Рис. 87.10. Оценка тренда и сезонности для выручки магазина игрушек

Ключ к решению этой проблемы — функция ЛГРФПРИБЛ (LOGEST). Предположим, что необходимо предсказать переменную  $y$  по независимым переменным  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , и считается, что для некоторых значений  $a, b_1, b_2, \dots, b_n$  отношение между  $y$  и  $x_1, x_2, \dots, x_n$  задается уравнением  $y = a(b_1)^{x_1} (b_2)^{x_2} \dots (b_n)^{x_n}$ . (Назовем его уравнением 1.)

Значения  $a, b_1, b_2, \dots, b_n$ , наилучшим образом приближающие это уравнение к наблюдаемым данным, позволяет определить функция ЛГРФПРИБЛ (LOGEST). При оценке тенденции и сезонности с помощью функции ЛГРФПРИБЛ обратите внимание на следующее:

- ♦  $y$  равен квартальной выручке;
- ♦  $x_1$  равен номеру квартала. (В хронологическом порядке текущий квартал — это первый квартал, следующий квартал — второй квартал и т. д.);

- ◆  $x_2$  равен 1, если квартал является первым кварталом года, и 0 в противном случае;
- ◆  $x_3$  равен 1, если квартал является вторым кварталом года, и 0 в противном случае;
- ◆  $x_4$  равен 1, если квартал является третьим кварталом года, и 0 в противном случае.

Необходимо выбрать один квартал, который останется вне рамок модели. (Здесь выбран четвертый квартал.) Этот подход аналогичен подходу с фиктивными переменными, описанному в *главе 58*. Теперь модель оценки выглядит следующим образом:  $y = a(b_1)^{x_1}(b_2)^{x_2}(b_3)^{x_3}(b_4)^{x_4}$ . После определения функцией ЛГРФПРИБЛ значений  $a$ ,  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$  и  $b_4$ , наилучшим образом соответствующих данным, эти значения можно интерпретировать следующим образом:

- ◆  $a$  — константа для масштабирования прогнозов;
- ◆  $b_1$  — константа, представляющая среднее поквартальное процентное увеличение продаж в магазине игрушек;
- ◆  $b_2$  — константа, измеряющая отношение продаж в первом квартале к продажам в опущенном (четвертом) квартале;
- ◆  $b_3$  — константа, измеряющая отношение продаж во втором квартале к продажам в опущенном квартале;
- ◆  $b_4$  — константа, измеряющая отношение продаж в третьем квартале к продажам в опущенном квартале.

Сначала в ячейках G6:I27 создайте фиктивные переменные для 1—3 кварталов, скопировав формулу =ЕСЛИ(\$D6=G\$4;1;0) из G6 в G6:I27. Напомним, что четвертый квартал также определен в Excel, поскольку для четвертого квартала все три фиктивных переменных имеют значение 0, вот почему необходимость заводить для него фиктивную переменную отсутствует.

Выделите диапазон K6:O6, в который будут помещены коэффициенты, рассчитанные функцией ЛГРФПРИБЛ. Константа  $a$  займет самую правую ячейку, за ней последуют коэффициенты в соответствии с независимыми переменными. Таким образом, рядом с константой окажется коэффициент тренда, затем коэффициент для первого квартала и т. д.

Функция ЛГРФПРИБЛ имеет синтаксис: ЛГРФПРИБЛ(известные\_значения\_y; известные\_значения\_x; ИСТИНА; ИСТИНА). После ввода в ячейку K6 формулы массива {=ЛГРФПРИБЛ(E6:E27;F6:I27;ИСТИНА;ИСТИНА)} будут рассчитаны коэффициенты, показанные на рис. 87.10. Уравнение прогноза квартальной выручки (в млн) имеет вид:

$$4219,57 \times 1,0086^{\text{номер\_кварт}} \times 0,435^{K1\_макет} \times 0,426^{K2\_макет} \times 0,468^{K3\_макет}.$$

В первом квартале коэффициент K1\_макет равен 1, а коэффициенты для второго и третьего кварталов равны 0. (Напомним, что любое число, возведенное в нулевую степень, равно 1.) Таким образом, для первого квартала прогнозируемая квартальная выручка равна  $4219,57 \times 1,0086^{\text{номер\_кварт}} \times (0,435)$ .

Во втором квартале коэффициенты для первого и третьего кварталов равны 0, а коэффициент для второго квартала равен 1. Для этого квартала прогнозируемая квартальная выручка равна  $4219,57 \times 1,0086^{\text{номер кварт}} \times 0,426$ . В третьем квартале коэффициенты для первого и второго кварталов равны 0, а коэффициент для третьего квартала равен 1. Квартальная выручка для этого квартала прогнозируется равной  $4219,57 \times 1,0086^{\text{номер кварт}} \times 0,468$ . Наконец, в четвертом квартале коэффициенты для первого, второго и третьего кварталов равны 0. Для этого квартала прогнозируемая квартальная выручка равна  $4219,57 \times 1,0086^{\text{номер кварт}}$ .

Таким образом, квартальная тенденция к росту доходов составляет 0,9% (около 3,6% в год). После устранения влияния тренда:

- ◆ выручка за первый квартал в среднем составляет 43,5% от выручки за четвертый квартал;
- ◆ выручка за второй квартал в среднем составляет 42,6% от выручки за четвертый квартал;
- ◆ выручка за третий квартал в среднем составляет 46,8% от выручки за четвертый квартал.

Для вычисления индекса сезонности по каждому кварталу присвойте опущенному кварталу значение 1 и найдите весовой коэффициент для среднего квартала следующим образом (см. ячейку K2 на рис. 87.10):

$$\frac{0,435 + 0,426 + 0,468 + 1}{4} = 0,582.$$

Затем можно вычислить относительный индекс сезонности для кварталов 1—3, скопировав формулу  $=K6/\$K\$2$  из K4 в L4:M4. Сезонность для четвертого квартала вычисляется в ячейке M2 по формуле  $=1/K2$ . После устранения влияния тренда можно сделать следующие выводы:

- ◆ объем продаж в первом квартале составляет 80% от объема продаж в типичном квартале;
- ◆ объем продаж во втором квартале составляет 73% от объема продаж в типичном квартале;
- ◆ объем продаж в третьем квартале составляет 75% от объема продаж в типичном квартале;
- ◆ объем продаж в четвертом квартале составляет 172% от объема продаж в типичном квартале.

Предположим, что необходимо создать прогноз на каждый квартал в соответствии с подобранным уравнением (уравнение 1). Создайте прогноз с помощью функции РОСТ (GROWTH), возвращающей массив. Ее синтаксис: РОСТ(известные\_значения\_y; известные\_значения\_x; новые\_значения\_x; ИСТИНА). Эта функция возвращает прогнозы для новых значений x, когда уравнение 1 подогнано к данным, содержащимся в диапазонах с известными значениями y и x. Таким образом, выделите диапазон J6:J27 и введите в ячейку J6 формулу массива  $\{=\text{РОСТ}(\text{E6:E27}; \text{F6:I27}; \text{F6:I27}; \text{ИСТИНА})\}$  для созда-

ния прогноза выручки в каждом квартале согласно уравнению 1. Например, прогноз на четвертый квартал 1997 г. по уравнению 1 составил 4,366 млрд долларов.

### Как вычислить медианный размер сделки в каждой стране по заданному списку сделок в различных странах?

В файле Medians.xlsx (рис. 87.11) содержатся данные о выручке по сделкам компании во Франции, США и Канаде. Здесь необходимо вычислить медианный размер сделки в каждой стране. Предположим, например, что требуется вычислить медианный размер сделки в США. Для этого создайте массив, содержащий только данные о выручке в США, заменив остальные данные пустым пространством. Далее вычислите медиану этого нового массива. Присвойте имя Страна данным в столбце C и имя Выручка данным в столбце D, затем в ячейку G5 введите формулу массива `{=МЕДИАНА(ЕСЛИ(Страна=F5;Выручка;""))}` для замещения выручки в каждой строке, содержащей сделку, совершенную не в США, пустым пространством и для вычисления медианного размера сделок в США (6376,50 долларов). Скопируйте эту формулу из G5 в G6:G7 для вычисления медианного размера сделки для Канады и Франции. В сущности, этот подход является разработкой функции МЕДИАНАЕСЛИ (MEDIANIF), аналога функции СРЗНАЧЕСЛИ (AVERAGEIF) из главы 20. Безусловно, этот подход может быть применен для создания функций СТАНДОТКЛОНЕСЛИ (STDEVIF), ПРОЦЕНТИЛЬЕСЛИ (PERCENTIF) или других статистических функций, выполняющих вычисления на любом указанном подмножестве данных.

	C	D	E	F	G
1	Страна	Выручка			
2	US	5919			
3	Canada	4005			Медианная
4	US	6456			выручка
5	France	8328		US	6376,5
6	Canada	9426		Canada	6326
7	US	5929		France	7403
8	France	7746			
9	Canada	9292			
10	US	8839			
11	France	7403			
12	Canada	3911			
13	US	7458			
14	Canada	8094			
15	France	4727			
16	Canada	5675			
17	US	4104			
18	France	7654			

Рис. 87.11. Вычисление медианного размера сделок в каждой стране

## Задания

Все данные к заданиям 1—5 содержатся в файле Chapter87data.xlsx.

1. На листе `Duplicate` находятся два списка имен. Подсчитайте с помощью формулы массива число имен, встречающихся в обоих списках.
2. На листе `Find Errors` находятся некоторые вычисления. Подсчитайте с помощью формулы массива число ячеек, содержащих ошибки. (Подсказка: вставьте в формулу массива функцию `ОШИБКА (IFERROR)`.)
3. На листе `Sales` находятся данные о продажах в магазине игрушек за 48 месяцев. Создайте формулу массива, суммирующую (начиная с третьего месяца) объемы продаж для каждого пятого месяца. (Подсказка: воспользуйтесь функцией `ОСТАТ (MOD)`. Функция `ОСТАТ (число; делитель)` возвращает остаток от деления числа на делитель. Например, формула `=ОСТАТ (7;5)` дает в результате 2.)
4. Вычислите с помощью функции, возвращающей массив, третью, пятую и седьмую степени для объемов продаж в каждом месяце.
5. На листе `Product` находятся данные о продажах с апреля по август для продуктов 1—7. Объемы продаж указаны в одном столбце. Преобразуйте данные таким образом, чтобы объемы продаж для каждого месяца были указаны в одной строке и изменения в исходных данных отражались бы в новых преобразованных данных.
6. На основе данных из файла `Historicalinvest.xlsx` организуйте подсчет количества лет, в которые доходы по акциям, облигациям и казначейским векселям составляли бы от  $-20$  до  $-15\%$ , от  $-15$  до  $-10\%$  и т. д.
7. Матрица  $m \times n$  представляет собой прямоугольную таблицу чисел, содержащую  $m$  строк и  $n$  столбцов. Например,

$$\begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{bmatrix}.$$

Это матрица  $3 \times 3$ . Рассмотрим две матрицы, **A** и **B**. Предположим, что число столбцов в матрице **A** равно числу строк в матрице **B**. Тогда матрицу **A** можно умножить на матрицу **B**. (Произведение записывается как **AB**.) Элемент в строке  $i$  и столбце  $j$  матрицы **AB** вычисляется путем применения функции `СУММПРОИЗВ (SUMPRODUCT)` к строке  $i$  матрицы **A** и столбцу  $j$  матрицы **B**. Матрица **AB** будет иметь столько же строк, сколько в матрице **A**, и столько же столбцов, сколько в матрице **B**. Функция `ММНОЖ (MMULT)` — это функция, возвращающая массив, с помощью которой можно перемножать матрицы. Умножьте с помощью функции `ММНОЖ` следующие матрицы:

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 7 & 0 \end{bmatrix} \text{ и } \mathbf{B} = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 1 & 2 & 0 \\ 3 & 3 & 0 \end{bmatrix}.$$

8. В квадратной матрице одинаковое число строк и столбцов. Пусть дана квадратная матрица **A**. Предположим, что существует матрица **B** такая, что матрица **AB** представляет собой матрицу, в которой все диагональные элементы равны 1, а все другие элементы равны 0. Тогда можно сказать, что **B** — это обратная матрица к матрице **A**. Функция **МОБР** (**MINVERSE**) вычисляет обратную матрицу к квадратной матрице. С помощью функции **МОБР** найдите обратные матрицы к матрицам **A** и **B** из задания 7.
9. Предположим, что вы вложили часть  $f_i$  своих денег в инвестицию  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ). Кроме того, предположим, что стандартное отклонение годовой процентной доходности инвестиции  $i$  равно  $s_i$  и корреляция между годовой процентной доходностью инвестиции  $i$  и инвестицией  $j$  равна  $\tilde{n}_{ij}$ . Найдите дисперсию и стандартное отклонение годовой процентной доходности портфеля. Это нетрудно сделать с помощью перемножения матриц. Создайте следующие три матрицы:
- матрица 1 — это матрица  $1 \times n$ ,  $i$ -й элемент которой равен  $s_{if_i}$ ;
  - матрица 2 — это матрица  $n \times n$ , в строке  $i$  и столбце  $j$  которой находится элемент  $\tilde{n}_{ij}$ ;
  - матрица 3 — это матрица  $n \times 1$ ,  $i$ -й элемент которой равен  $s_{if_i}$ .

Дисперсия годовой процентной доходности портфеля — это просто произведение (матрица 1)  $\times$  (матрица 2)  $\times$  (матрица 3). Данные в файле **Historicalinvest.xlsx** содержат годовые доходы от акций, облигаций и казначейских векселей. С помощью функций **МУМНОЖ** и **ТРАНСП** вычислите (на основе указанных исторических данных) дисперсию и стандартное отклонение портфеля, в котором инвестиции распределены следующим образом: 50% в акции, 25% в облигации и 25% в казначейские векселя.

Данные к заданиям 10—13 находятся в файле **Makeupdb.xlsx**.

10. На какую сумму продала Джен блеска для губ?
11. Каково среднее количество помады, проданной Джен в восточном регионе?
12. На какую сумму продала косметики Эмили и было продано косметики в восточном регионе?
13. На какую сумму продали блеска для губ Коллин и Зарет в восточном регионе?
14. На основе данных в файле **Chapter58data.xlsx** оцените тенденцию и сезонные составляющие квартальной выручки компаний Ford и GM.
15. В примере с магазином игрушек (см. файл **Toysrustrend.xlsx**) на основе данных за 1999—2001 гг. создайте прогноз для квартальной выручки в 2002 г.
16. В файле **Lillydata.xlsx** содержатся данные опроса из маркетинговых исследований, которые использовались при разработке нового лекарственного препарата, регулирующего кровяное давление. Пятнадцать экспертов (шесть из компании Lilly и девять из других компаний — см. столбец **N**) сравнивали пять серий применения четырех потенциальных товаров компании Lilly. Пятый вариант в каждом сценарии заключался в том, что предпочтение отдавалось препарату конкурента, а не четырем препаратам из списка компании Lilly.

Например, в первом сценарии во втором варианте рассматривался препарат компании Lilly, снижающий давление на 18 пунктов, дающий побочные эффекты с вероятностью 14% и стоивший 16 долларов.

В диапазоне I5:N21 содержатся данные о выборе, сделанном каждым экспертом для каждого из пяти сценариев. Например, первый эксперт (работавший в компании Lilly) выбрал препарат конкурента в сценарии 1 и первый в списке препарат в сценарии 2. Исходя из этой информации, решите следующие задачи.

- Введите формулу, которая может быть скопирована из I2 в I2:M5 и которая вычисляет в I2:M5 цену для каждого сценария и варианта.
- Введите в ячейку I23 формулу массива, которая может быть скопирована в I23:I32 и затем в J23:M32 и которая вычисляет для каждого сценария частоту каждого ответа (1—5) с разбивкой по месту работы эксперта (в компании Lilly и не в компании Lilly). Таким образом, в первом сценарии один эксперт из компании Lilly выбрал ответ 1, три эксперта выбрали ответ 2 и два эксперта выбрали ответ 5.

17. В файле Arrayexam1data.xlsx содержатся данные о продажах и даты продаж для различных компаний. Задача состоит в разбивке продаж на квартальной основе с помощью формул массива.

Подведите итоги (только с помощью формул массива) по компаниям и по кварталам (рис. 87.12).

	К	Л	М	Н	О	Р
3						
4	см. сводную таблицу на предыдущем листе					
5						
6		01.01.2004	01.04.2004	01.07.2004	01.10.2004	01.01.2005
7	ACS					
8	ActSys Medical, Inc.					
9	Baxter Healthcare Corporation					
10	BioMed Plus, Inc.					
11	Blood Diagnostics, Inc.					
12	Briggs Corporation					
13	Cardinal Health					
14	Gentiva Health Services					
15	Priority Healthcare					
16	Tri State Distribution, Inc.					

Рис. 87.12. Формат ответа для задания 17

Например, ячейка L7 должна содержать продажи компании ACS за первый квартал (с 1 января по 31 марта) и т. д. Проверьте ответы по сводной таблице.

18. Объясните, почему формула массива  $\{=СУММ(1/СЧЁТЕСЛИ(Info;Info))\}$  вычисляет число уникальных записей в диапазоне Info. Примените эту формулу к данным в файле Unique.xlsx и убедитесь, что она возвращает число уникальных записей.

19. В файле Salaries.xlsx содержатся данные о зарплатах игроков НБА. Напишите формулу массива, которая суммирует четыре самых больших зарплаты игроков. Подсказка: используйте массив констант {1, 2, 3, 4} в сочетании с функцией **НАИБОЛЬШИЙ** (LARGE). Затем измените формулу таким образом, что при вводе любого положительного целого числа  $n$  эта формула суммировала бы  $n$  самых больших зарплат. Подсказка: если в ячейке G9 содержится целое число  $n$ , то при вводе формулы массива {=СТРОКА(ДВССЫЛ("1:"&G9))} создается массив констант {1, 2, ...,  $n$ }.



# Предметный указатель

## Символы и цифры

- (минус) в сводной таблице 417
- "" (кавычки), текст в ПОИСКПОЗ 34
- #####, неправильный формат ячейки 123
- #ЗНАЧ! 507
- #Н/Д 139, 556
- #ЧИСЛО! 507
- \$ 233
- ◇ и ссылки на ячейки 19
- & 44, 178
- \* 178
- ◇ для функции ПОИСКПОЗ 34
- : (двоеточие) для указания времени 122
- ? 179
- ^ (знак вставки) 67, 590
- \_ (подчеркивание) в именах диапазонов 20
- { } 823
- + (плюс) в сводной таблице 418
- <> (не равно) 178
- >= (больше или равно) 178

## A

ASCII, символы 44

## C

Cell Relationship 147  
Ceteris paribus 614  
Compare Files 147

## D

DAX 477

## I

Internet Explorer, экспорт данных в Excel 372

## K

KPI 469

## M

Microsoft Power Query для Excel 372

## P

Power View 481

- ◇ активация надстройки 481
- ◇ гистограмма с накоплением 483
- ◇ диаграмма:
  - изменение размера 483
  - линейная 485
  - создание 482
- ◇ отображение на карте 489
- ◇ отчеты 481
- ◇ подготовка данных 482
- ◇ фильтрация:
  - данных 485
  - с помощью диаграммы 486
  - с помощью срезов 488
  - по одному элементу поля 488
  - правило фрагментирования 488
- ◇ чистый лист 481

PowerPivot 469

- ◇ активация надстройки 470
- ◇ вкладка В начало 470
- ◇ вкладка Конструктор 474
- ◇ вычисляемые столбцы 477
- ◇ загрузка данных 470
- ◇ значок Переключиться в книгу 473
- ◇ Представление данных 475
- ◇ Представление диаграммы 475
- ◇ связь между двумя источниками данных 474
- ◇ создание сводной таблицы 475
- ◇ срезы 477
- ◇ формулы DAX 478

- p-значение 606, 614, 618, 637, 640, 642
- ◇ и взаимосвязь независимых переменных 622
- ◇ и нелинейная зависимость 622

## S

- S-образная кривая 647

## A

- Автозавершение 379
  - ◇ с именами диапазонов 379
  - ◇ формул 15
    - для таблицы 255
- Автозаполнение 125
- Автофильтр 513
  - ◇ ограничения 524
- Адрес, создание 52
- Активы:
  - ◇ неликвидные, общая сумма 112
  - ◇ совокупные 112
  - ◇ распределение средств 727
- Алгоритм генетический 345
- Амортизация накопленная 112
- Анализ:
  - ◇ данных:
    - запуск инструмента Регрессия 604
    - повторная выборка 747
  - ◇ дисперсионный двухфакторный 635
    - без повторений 636
    - с повторениями 640
  - ◇ дисперсионный однофакторный 629
  - ◇ регрессионный, качественные факторы 611
  - ◇ таблица данных 153, 155, 157, 159, 724, 729, 733
  - ◇ трудности при осуществлении 284
  - ◇ что если 153, 164, 506
  - ◇ чувствительности 152, 169
  - ◇ эффективности торговых агентов 636
- Аналитика 281
  - ◇ важность 283
  - ◇ предписывающая 282
  - ◇ прогнозная 281
  - ◇ тенденции 286
- Аннуитет 82
  - ◇ будущая стоимость 83
- Ассортимент продукции:
  - ◇ ежемесячный 293
  - ◇ оптимальный 293

## W

- Wingdings, шрифт 550
- Workbook Analysis Report 146
- Worksheet Relationships 147

## Б

- База временного ряда 649
  - База данных 512
    - ◇ запись 512
      - уникальная 523
    - ◇ запросы 512
    - ◇ копирование видимых ячеек 515
    - ◇ оператор ИЛИИ 524
    - ◇ поле 512
    - ◇ полный список без повторений 522
    - ◇ фильтр:
      - очистка 515
      - по дате 517
      - по цвету 520
      - текстовый 520
      - числовой 516
    - ◇ фильтрование по первой букве 520
  - Безубыточность 158
  - Бета для акции 750
  - Бины 383, 560
  - Блок рандомизированный 635
  - Блэк, Шоулз, Мертон 751
  - Бустреппинг 727
  - Бюджетирование капиталовложений 319
- ## В
- Валовой национальный продукт 611, 613
  - Ввод:
    - ◇ данных на нескольких листах 133
    - ◇ даты 57
    - ◇ значений, быстрый 717
    - ◇ формулы в большой столбец чисел 337
  - Веб-запрос:
    - ◇ изменение 371
    - ◇ обновление 371
  - Величина случайная 699
    - ◇ биномиальная 676
      - моделирование 721
      - отрицательная 681

- ◇ Вейбулла 697
- ◇ время между обращениями 687
- ◇ гипергеометрическая 680
- ◇ дискретная 669, 689
- ◇ логарифмически нормальная 707, 727
- ◇ моделирование:
  - значений 712
  - как нормальной случайной величины 722
- ◇ независимая 672
- ◇ непрерывная 671
- ◇ нормальная 690
  - моделирование значений 714
  - процентиля 693
  - распределение 692
  - распределенная по нормальному закону 755
  - свойства 690
  - соответствие реальным ситуациям 694
- ◇ плотность вероятности 671
- ◇ пуассоновская 685
- ◇ с бета-распределением 697
- ◇ с равномерным распределением 725
- ◇ среднее, дисперсия и стандартное отклонение 670

Взаимосвязь независимых переменных в регрессии 621

Видимость столбцов и строк при прокрутке 106

Вкладка:

- ◇ INQUIRE 146
- ◇ PowerPivot 470
- ◇ ДАННЫЕ, Промежуточный итог 533
- ◇ Конструктор 254, 257
- ◇ Параметры для настройки среза 261
- ◇ Разработчик 267
- ◇ РЕЦЕНЗИРОВАНИЕ 743, 759
- ◇ ФОРМУЛЫ 801
  - Диспетчер имен 13
  - Определенные имена 12
  - Присвоить имя 12
  - Создать из выделенного 11

Влияние:

- ◇ параметров на цену колл- и пут-опционов 756
- ◇ цены на прибыль 152

Возвращение последнего числа в столбце 196

Волатильность акции:

- ◇ годовая 708, 754
- ◇ на основе исторических данных 754
- ◇ оценка по формуле Блэка—Шоулза 754
- ◇ подразумеваемая 757

Время:

- ◇ в формате десятичного числа 121
- ◇ максимальное, без улучшения 351
- ◇ между прибытиями клиентов 786
- ◇ на выполнение нового заказа 778
- ◇ обслуживания клиентов 786
- ◇ ожидания в очереди до обслуживания, среднее 786

- ◇ проведенное клиентом в системе, среднее 786
- ◇ текущее 123
- ◇ формат ячейки 124
- Выбор каскадный в списке 379
- Выборы:
  - ◇ интерпретация коэффициентов 619
  - ◇ независимые переменные 616
- Выбросы 579, 608
  - ◇ в прогнозах 663
- Выделение:
  - ◇ всего листа 759
  - ◇ всех данных в столбце или строке 130
  - ◇ всех формул на листе 759
  - ◇ всех ячеек с условным форматированием 230
  - ◇ ячеек с проверкой данных 378
- Выплаты:
  - ◇ в счет основной суммы за период 87
  - ◇ по процентам за определенный период 87
- Высказывания вероятностные, знак "меньше или равно" ( $\leq$ ) 690
- Вычисления итеративные 97
- Вычитание из данных константы, Специальная вставка 131

## Г

Гипотеза:

- ◇ альтернативная 629
- ◇ нулевая 629, 632
- Гистограмма 215, 220
  - ◇ для обобщения данных 383
  - ◇ интервал:
    - входной 385
    - карманов 385
  - ◇ метки 385
  - ◇ промежутки между столбиками 385
  - ◇ размер шрифта 386
  - ◇ с картинками 546
  - ◇ с наклоном:
    - влево 388
    - вправо 387
  - ◇ с несколькими пиками 388
  - ◇ самые распространенные типы 386
  - ◇ симметричные 387
  - ◇ сравнение наборов данных 389
- Градиент функции 342

Границы:

- ◇ бинов 385
- ◇ в изменяемых ячейках 351

График:

- ◇ автоматическое обновление на основе таблицы 258
- ◇ для независимой и зависимой переменной 574
- ◇ линейный 258
- ◇ скользящей средней для доходов 647
- ◇ спарклайн 498
- ◇ частотный 50

## Группа 276

- ◇ зависимости формул 137
- ◇ стили таблиц 257
- ◇ элементы управления 267

## Д

## Данные:

- ◇ загрузка:
  - из Oracle или Teradata 471
  - из базы данных Access 470
  - из базы данных SQL Server 470
  - из нескольких источников и в нескольких форматах 470
  - из текстовых файлов 471
  - из файлов Excel 471
  - с веб-сайта, имеющего канал OData 470
- ◇ исходный список 378
- ◇ новые:
  - автоматическое включение в формулу 256
  - автоматическое расширение диапазона при добавлении 255
  - автоматическое форматирование 254
- ◇ ошибочные, предотвращение ввода 373
- ◇ проверка:
  - достоверности 373
  - неверные даты 376
  - нечисловые значения 376
  - подсказка 374
  - сообщение об ошибке 374
  - тип данных 374
- ◇ распределение по отдельным ячейкам 48, 194
- ◇ статистические с Inquire 146
- ◇ устранение проверки 379
- ◇ фильтрация 511

## Дата:

- ◇ в формате:
    - день-месяц-год 58
    - десятичного числа 58, 121
  - ◇ и время в одной ячейке 122
  - ◇ исполнения опциона 752
  - ◇ истечения срока действия опциона 752
  - ◇ сегодняшняя 59
- Деление данных на константу, Специальная вставка 130

## Диаграмма:

- ◇ #Н/Д 556
- ◇ Power View 481
- ◇ автоматическое обновление 560
- ◇ анимированная 489
- ◇ вертикальная линия 568
- ◇ водопад 562
- ◇ вспомогательная ось 540
- ◇ выбор данных:
  - из списка 556
  - по флажку 556
- ◇ Ганта 557

- ◇ динамические метки 554
  - ◇ добавление линии тренда 574
  - ◇ комбинированная 540
  - ◇ ленточная 552
  - ◇ лепестковая 568
  - ◇ линейная 576
  - ◇ метки данных:
    - и таблица данных 548
    - на основе ячеек 549
  - ◇ метки столбиков 546
  - ◇ на основе отсортированных данных 559
  - ◇ недостающие данные 542
  - ◇ Парето 566
  - ◇ пузырьковая 569
  - ◇ с областями и накоплением 553
  - ◇ сводная 423
  - ◇ скрытые данные 544
  - ◇ сохранить как шаблон 553
  - ◇ термометр 553
  - ◇ точечная 795, 806
  - ◇ точки данных 574
  - ◇ условные цвета 561
- Диалоговое окно:
- ◇ PowerPivot для Excel 472
  - ◇ Анализ данных 384, 614, 618, 640
  - ◇ Вставка вычисляемого объекта 442
  - ◇ Вставка вычисляемого поля 439
  - ◇ Вставка имени 10
  - ◇ Вставка картинок 546
  - ◇ Вставка сводной таблицы 475
  - ◇ Вставка срезов 425
  - ◇ Вычисление формулы 196
  - ◇ Гистограмма 385
  - ◇ Группирование 430
  - ◇ Дата 218
  - ◇ Двухфакторный дисперсионный анализ без повторений 637
  - ◇ Двухфакторный дисперсионный анализ с повторениями 640
  - ◇ Диспетчер правил условного форматирования 218
  - ◇ Диспетчер сценариев 170
  - ◇ Добавление ограничения 296, 320
  - ◇ Защита листа 759
  - ◇ Значения ячеек сценария 170
  - ◇ Изменение ограничения 302
  - ◇ Изменение правила форматирования 221
  - ◇ Изменение ряда 555
  - ◇ Импорт данных 371
  - ◇ Консолидация 528
  - ◇ Корреляция 597
  - ◇ Мастер текстов (импорт) 365
  - ◇ Надстройки 384
  - ◇ Настройка скрытых и пустых ячеек 544
  - ◇ Однофакторный дисперсионный анализ 630

- ◇ Окно контрольного значения 140
- ◇ Описательная статистика 394
- ◇ Отчет по сценарию 172
- ◇ Параметры 53, 145
- ◇ Параметры Excel 97
- ◇ Параметры поиска решения 289, 296, 299, 321, 328, 331, 652, 662, 734, 781, 800, 808, 818
- ◇ Параметры поля значений 417
- ◇ Параметры страницы 744
- ◇ Переход 145, 230, 378, 759
- ◇ Подбор параметра 164, 166, 758, 769
- ◇ Подключения к книге для объекта 462
- ◇ Пользовательская комбинация 542
- ◇ Пользовательский автофильтр 516
- ◇ Проверка вводимых значений 374, 377
- ◇ Проверка наличия ошибок 139
- ◇ Прогрессия 717, 749
- ◇ Промежуточные итоги 534
- ◇ Просмотр вставки 473
- ◇ Расширенный фильтр 524
- ◇ Регрессия 604, 622
- ◇ Создание веб-запроса 369
- ◇ Создание имени 12, 209
- ◇ Создание правила форматирования 220, 399, 426
- ◇ Создание сводной таблицы 411, 463
- ◇ Создание связи 459
- ◇ Создание спарклайнов 495
- ◇ Сортировка 246
- ◇ Специальная вставка 128, 824
- ◇ Существующие подключения 462
- ◇ Таблица данных 153, 729, 816
- ◇ Удалить дубликаты 522
- ◇ Управление надстройками Microsoft Office 470
- ◇ Управление связями 464
- ◇ Формат линии тренда 574, 585, 590, 806
- ◇ Формат элемента управления 270, 273
- ◇ Формат ячеек 58, 216, 759
- ◇ Форматирование объекта 270
- Диапазон:
  - ◇ динамический 198, 378, 531
  - ◇ исходный, суммирование значений 206
  - ◇ табличный 21
  - ◇ условий 503
- Диапазоны несмежные 10
- Дивиденды 111
  - ◇ моделирование значений 713
- Дисперсия выборки 398
- Диспетчер:
  - ◇ имен 13
  - ◇ правил условного форматирования 219
  - ◇ сценариев 169
    - ячейки с результатами 169
- Доход:
  - ◇ в виде процентов 111
  - ◇ операционный 111
- Дубликат, удаление 522

## 3

## Зависимость:

- ◇ линейная 576
  - отрицательная 595
  - оценка 573
  - положительная 595
  - точная 612
- ◇ между бизнес-переменными 573
- Задача:
  - ◇ бинарного и целочисленного программирования 324
  - ◇ выбора оптимальной последовательности 359
  - ◇ выбора проектов 320
    - изменяемые ячейки 320
    - ограничения 320
    - целевая ячейка 320
  - ◇ календарного планирования 359
  - ◇ коммивояжера 359
  - ◇ негладкая оптимизационная 345
  - ◇ распределения 313
  - ◇ транспортная 313
    - изменяемые ячейки 313
    - ограничения 313
    - целевая ячейка 313

## Заказ, оптимальный размер 772

- ◇ отговые скидки 773
- ◇ сезонный спрос 773

## Закрепление:

- ◇ верхней строки 106
- ◇ области 106, 271

## Заливка градиентная 220

## Заполнение мгновенное 52

## Запрос:

- ◇ изменение 371
- ◇ настройки обновления 371

## Зарплата, нелинейное влияние опыта 622

## Затраты:

- ◇ годовые:
  - на организацию производства 774
  - на размещение заказов 772
  - на хранение заказа 772
  - на хранение партии продукции 774
- ◇ ежемесячные:
  - переменные 578
  - ежемесячные постоянные 578
- ◇ на выплату процентов 111

## Значение:

- ◇ бин в окне Добавление ограничения 322
- ◇ больше 24 часов 125
- ◇ гарантированно единственное ВСД 76
- ◇ изменяющееся, отслеживание 140

## Значок:

- ◇ Показать формулы 137
- ◇ Упорядочить все 528
- ◇ Формат по образцу 237

## Значки:

- ◇ для диаграмм и таблиц, уменьшить или увеличить 485
- ◇ обратный порядок 226

## И

Игра в кости, вероятность выигрыша 737

Излишек потребительский 813

Имитация азартных игр 737

Импорт данных:

- ◇ в PowerPivot 469
- ◇ из баз данных 471
- ◇ из Интернета 369
- ◇ из таблицы HTML 372
- ◇ из текстового файла 471
  - или документа Word 363
- ◇ с веб-сайта 470
- ◇ с разделителями 365
- ◇ фиксированная ширина 365

Имя:

- ◇ диапазона:
  - изменение 13
  - недопустимое 20
  - удаление 13
- ◇ присвоение 12

Инвестиции:

- ◇ вероятность получения дохода 728
- ◇ неопределенность будущих доходов 727
- ◇ распределение портфеля между акциями, векселями и облигациями 731
- ◇ стоимость будущая 83

Индекс сезонности:

- ◇ вычисление 657
- ◇ для временного ряда 649

Инструмент:

- ◇ Вычислить формулу 196
- ◇ Диспетчер имен 198
- ◇ Диспетчер сценариев 169
- ◇ Мгновенное заполнение 195
- ◇ Подбор параметра 164, 165
- ◇ Преобразовать в диапазон 257
- ◇ проверки зависимостей 137
  - для нескольких листов 143
- ◇ Размер таблицы 257
- ◇ Сортировка 246
- ◇ Срез 261
- ◇ Таблица 254
- ◇ Удалить дубликаты 257

Интервал:

- ◇ временной, создание последовательности 125
- ◇ доверительный для средней прибыли 719
- ◇ разброса данных 398

Источник ошибки 138

Итоги промежуточные 533

- ◇ вложенные 535

- ◇ сортировка 533
- ◇ список Операция 534
- ◇ удаление 535
- ◇ флажок:
  - Заменить текущие итоги 534
  - Итоги под данными 535
  - Конец страницы между группами 535

## К

Канал OData 470

Капитал, годовая стоимость 67

Клавиша:

- ◇ <Esc> 343
- ◇ <F3> для вставки диапазона в формулу 179
- ◇ <F4> 233
- ◇ <F5> 230, 378
- ◇ <F9> 196, 205, 712, 714
  - для пересчета таблиц 156

Клиенты:

- ◇ среднее количество, ожидающих в очереди 786
- ◇ Среднее количество, присутствующих в системе 786

Кнопка Вставить связь 130

Когорта 766

Количество возвращенных единиц товара 186

Команды НФЛ, распределение очков 335

Консолидация:

- ◇ данных 527
- ◇ на вкладке ДАННЫЕ 527

Конфликт правил 231

Копирование:

- ◇ отфильтрованных данных на другой лист 515
- ◇ результатов без формул 127
- ◇ формулы во все ячейки 107

Корреляция 595

- ◇ и R квадрат 600
- ◇ и регрессия к среднему 600

Коэффициент:

- ◇ интерпретация в уравнении регрессии 615, 619
- ◇ корреляции, линейный 595
- ◇ макроэкономические переменные 613
- ◇ сохранения клиентов 766
- ◇ текучести клиентов годовой 766
- ◇ фиктивные переменные 611
- ◇ эластичности 589

Кредит шаровой 85

Кривая:

- ◇ обучения или кривая опыта 589
  - открытие 591
  - оценка для промышленности 591
- ◇ спроса 793
  - готовность клиента платить 797
  - квадратическая 805
  - линейная 794
  - оценка 794
  - степенная 794

- ◇ степенная 587
  - наклон 587
  - свойства 589
- ◇ тренда 573
  - для зависимости переменных 573

Критерии для функции СУММЕСЛИ и СУММЕСЛИМН 184

Курс акций:

- ◇ логарифмически нормальная случайная величина 708
- ◇ моделирование 728
- ◇ опционы 752
- ◇ средний в будущем 710

## Л

Линия 806

- ◇ добавление в диаграмму 574
- ◇ наиболее подходящая 577
- ◇ наименьших квадратов 577
  - начальная ордината 579
- ◇ угловой коэффициент 579

Лист:

- ◇ добавление в книгу 134
- ◇ изменение числа листов в книге по умолчанию 134
- ◇ копирование 258
- ◇ пустой, создание 515

## М

Макрос:

- ◇ ПОЛУЧИТЬ.РАБОЧУЮ.КНИГУ 209
- ◇ расширение xlsx 209

Массив:

- ◇ булевый 829
- ◇ констант 831
  - текст в двойных кавычках 831

Мастер:

- ◇ распределения текста по столбцам 49
- ◇ сводных таблиц и диаграмм 450
  - добавление на панель быстрого доступа 452
- ◇ текстов (импорт) 364

Масштабирование автоматическое для метода ОПГ 339

Матрица:

- ◇ квадратная 837
- ◇ корреляционная 599
- ◇ умножение 836

Меры:

- ◇ разброса 398
- ◇ среднего уровня 395

Метод:

- ◇ Винтерса:
  - начальные параметры 650
  - сглаживающие постоянные 651

- ◇ взаимного распределения затрат 99
- ◇ итераций Гаусса—Зейделя 97
- ◇ Монте-Карло 711
  - применение 711
- ◇ метод решения, выбор 289
- ◇ обобщенного понижающего градиента (ОПГ) 339
  - нелинейные оптимизационные модели 342
  - нелинейный 289
  - поиск максимума 342
  - поиск минимума 342
  - с несколькими начальными точками 343
  - трудности 345

Минимизация затрат на хранение:

- ◇ и заказ 772
  - ◇ и производство 774
- Минимум потерь от дефицита и годовых затрат на хранение 778

Множители для создания нескольких диаграмм 491

Мода 396

Моделирование:

- ◇ азартных игр и спортивных событий 737
- ◇ для неопределенного спроса 777
- ◇ испытаний 717
- ◇ нелинейности 622
- ◇ неопределенности точечного прогноза 703
- ◇ по методу Монте-Карло 173, 711
- ◇ предположений 730
- ◇ продолжительности работы 697
- ◇ сроков безотказной работы механизмов 697
- ◇ цен на акции 728

Модель:

- ◇ данных 457
  - добавление данных 458
  - добавление новых данных 462
  - добавление новых строк 463
  - изменение и удаление связей 464
  - создание сводной таблицы 460, 463
  - создание связи 459
  - удаление данных 463
  - экспресс-просмотр 461
- ◇ для выбора ассортимента:
  - изменяемые ячейки 295
  - ограничения 295
  - целевая ячейка 295
- ◇ линейная 299, 322
- ◇ листа 143
- ◇ оптимизационная 287
- ◇ поиска решения, нелинейная 339

## Н

Набор:

- ◇ данных:
  - типичное значение 394
  - чрезмерная асимметрия 404
- ◇ значков 215, 225
- ◇ ранжирование 403

- Надстройка Inquire 145
- Надстройки COM 481
- Нелинейность:
  - ◇ моделирование 621
  - ◇ проверка на наличие в уравнении регрессии 622

## О

- Область действия книга и лист 16
- Общая сумма обязательств 112
- Объединение в набор 812
  - ◇ повышение прибыльности 813
- Объединение:
  - ◇ строк 43
  - ◇ сценариев в одну книгу 173
  - ◇ таблицы данных с функциями 156
- Объект вычисляемый 441
- Объем продаж:
  - ◇ для определенного товара 186
  - ◇ за исключением определенного продавца 186
  - ◇ за определенный год 186
- Обязательства долгосрочные 108
- Ограничение 287
  - ◇ на цену 808
  - ◇ по поставке 315
  - ◇ по спросу 315
- Операции математические 46
- Оптимизация 287
- Опцион:
  - ◇ американский 752
  - ◇ для инвестиционных решений 760
  - ◇ европейский 752
  - ◇ колл 751
  - ◇ на отказ от проекта 763
  - ◇ наклон графика выигрыша 752
  - ◇ параметры цены 753
  - ◇ пут 751
  - ◇ реальный 760
    - эффективные инвестиционные решения 760

- Остатки:
  - ◇ в прогнозах, случайность 665
  - ◇ уравнение для президентских выборов 620
- Остаток на конец каждого месяца 87

- Ось:
  - ◇ гистограммы 385
  - ◇ название 577
- Отчет:
  - ◇ балансовый 108
  - ◇ гипотетический 108
  - ◇ о прибылях и убытках компании 108
  - ◇ по сценариям 170

- Отчисления амортизационные 112
- Ошибка:
  - ◇ #ДЕЛ/0 114
  - ◇ #ЗНАЧ! 51, 114, 507, 826
  - ◇ #ИМЯ? 115
  - ◇ #Н/Д 22, 23, 113, 208, 396, 826

- ◇ #ССЫЛКА! 115
- ◇ #ЧИСЛО! 70, 74, 115, 507
- ◇ абсолютная процентная 651
- ◇ в прогнозах 663
- ◇ квадратичная 337
- ◇ перехват 138
- ◇ проверка наличия 138
- ◇ регрессии стандартная 579, 608
- ◇ систематическая прошлых прогнозов 704
- ◇ средняя абсолютная процентная 652
- Ошибки (остатки) для точек данных 577

## П

- Пакет анализа данных 384
    - ◇ установка 604
  - Панель динамическая информационная 563
  - Параметры:
    - ◇ Excel:
      - Настроить ленту 267
      - Работа с формулами 445
    - ◇ вычислений на вкладке ФОРМУЛЫ 718
  - Партия, оптимальный размер 774
    - ◇ зависимость затрат на производство от размера партии 775
    - ◇ сезонный спрос 775
  - Переключатель 276
  - Переменная:
    - ◇ зависимая 573
      - влияние двух факторов 635
      - нелинейное воздействие независимой переменной 621
    - ◇ независимая 573, 603
      - r-значение 606
      - качественная 611
      - коэффициенты 615
      - нелинейное воздействие на зависимую переменную 621
      - прогнозирующая способность 606
  - ◇ обязательные границы 345
  - ◇ фиктивная 611
    - интерпретация коэффициентов 615
    - ошибки 612
- Период окупаемости 37
- Перпетуитет 90
- План со скидкой с количества 817
- Платеж:
  - ◇ большой одноразовый 85, 87
  - ◇ в счет погашения основной суммы 86
- Плотность распределения вероятностей непрерывной случайной величины 689
- Погашение основной суммы 85
- Подбор:
  - ◇ линии тренда к центрированным скользящим средним 657
  - ◇ параметра 164, 758, 767, 796
    - для алгебраических задач 166



## Подсчет:

- ◇ непустых ячеек в диапазоне 180
  - ◇ по нескольким критериям 179
  - ◇ пустых ячеек в диапазоне 180
  - ◇ ячеек с числовыми значениями 180
- Позиция числа в диапазоне, ПОИСКПОЗ 33
- Поиск:
- ◇ максимума по методу ОПГ 342
    - с несколькими начальными точками 343
  - ◇ минимума по методу ОПГ 342
  - ◇ слева 191
  - ◇ текста, НАЙТИ и ПОИСК 43
- Поиск решения 289, 295, 781
- ◇ для бюджетирования капиталовложений 319
  - ◇ для задач транспортировки 313
  - ◇ для задач финансового планирования 327
  - ◇ ипотечные платежи 328
  - ◇ надстройка, активация 289
  - ◇ определение параметров прогнозирования 662, 664
  - ◇ останов 343
  - ◇ параметры 801
  - ◇ планирование пенсии 330
  - ◇ сглаживающие постоянные для модели Винтерса 652
  - ◇ эволюционный 290, 345, 818
    - максимальное время без улучшения 351
    - распределение сотрудников по рабочим группам 352
    - скорость изменения 351
    - штрафы 352

## Показатели эффективности, ключевые 469

Показать фильтры, значок для диаграмм и таблиц 485

Покер, вероятность выигрыша 739

## Поле:

- ◇ вычисляемое 439
- ◇ Имя таблицы 257
- ◇ со списком 276

Полоса прокрутки 273

Популяция 345

Портфель инвестиционный 104

## Потери:

- ◇ от невыполнения заказа 778
- ◇ от упущенного сбыта 780

## Поток денежный:

- ◇ дисконтирование 67
- ◇ для опциона 752
- ◇ суммарный, вычисление 38

Потребитель рациональный 813

## Правило:

- ◇ 80/20 567
- ◇ выделения ячеек 214, 217
- ◇ для торговли по скользящим средним 105
- ◇ отбора первых и последних значений 215
- ◇ удаление 215
- ◇ управление 215

Пределы для выбросов, нижний и верхний 399

## Предположения:

- ◇ зависимые ячейки 140
- ◇ в моделях листа 151

## Предсказание:

- ◇ результатов выборов 616
- ◇ текста во время 124
- ◇ текстовой строки в число 44
- ◇ точечной диаграммы в анимацию 490

## Прибыль:

- ◇ до уплаты налогов 111
- ◇ долгосрочная от клиентов 765
- ◇ нераспределенная 111
- ◇ средняя, доверительный интервал 719
- ◇ чистая 111

Прибыльность ассортимента, максимальная 293

Примечания на листе 743

- ◇ изменение 743
- ◇ печать 744
- ◇ показать или скрыть 743

## Прогноз:

- ◇ будущие значения временного ряда 649
- ◇ в реальном времени 286
- ◇ вероятностные высказывания на основе 703
- ◇ влияние особых случаев 659
- ◇ из множественной регрессии 620
- ◇ квартальные продажи 611
- ◇ однофакторный дисперсионный анализ 633
- ◇ основа для вычисления 704
- ◇ ошибки 704
- ◇ по отношению к скользящему среднему 655
- ◇ по среднему значению 633
- ◇ президентских выборов 616
- ◇ расходов на продукты 603
- ◇ спортивных результатов 335
- ◇ спортивных соревнований 741
- ◇ стандартная ошибка 633
- ◇ стандартное отклонение 642
- ◇ точечный 703
- ◇ точность 578, 579, 608, 633
  - оценка 633

Продажи, влияние цены и расходов на рекламу 639

## Производство:

- ◇ влияние риска на решение 718
- ◇ определение объемов 715

## Просмотр:

- ◇ вертикальный 21
- ◇ горизонтальный 21
- ◇ нескольких листов 527

Процент сложный 754

**Р**

- Рабочие дни между двумя датами 61
- Разница численная, отображение 219
- Райхельд, Фредерик 765

Расписание работы сотрудников:

- ◇ и поиск решения 307
- ◇ изменяемые ячейки 307
- ◇ ограничения 307
- ◇ целевая ячейка 307
- Распределение очков для игр 335
- Расстояние между городами 29
- Расходы:
  - ◇ на рекламу, влияние на продажи 639
  - ◇ эксплуатационные:
    - объяснение ежемесячных изменений 578
    - по отношению к количеству продукции 578
- Регрессия 614, 618
  - ◇ множественная 603
    - вывод итога 605
    - качественные факторы 611
    - расходы на основе количества продукции 604
    - уравнение 603
    - функция для прогноза 620
  - ◇ проверка наличия нелинейности и взаимосвязи 622
  - ◇ стандартная ошибка 608
  - ◇ сумма квадратов 610
    - остатков 610
- Результаты расчетов, перемещение 127

Рейтинги:

- ◇ команд:
  - НФЛ 336
  - команд 336
- ◇ Сагарина 741

Реклама, влияние на продажи 639

Решение:

- ◇ допустимое 291, 293
- ◇ задач:
  - бинарного и целочисленного программирования 324
  - линейных 341
- ◇ недопустимое 301
- ◇ оптимальное 291, 300
- Рослинг, Ханс 489
- Рост экспоненциальный:
  - ◇ моделирование 583
  - ◇ ограничения 586
  - ◇ получение наиболее подходящей кривой 585
- Ряд временной:
  - ◇ индексы сезонности 657
  - ◇ прогнозирование будущих значений 649
  - ◇ скользящие средние 645
  - ◇ тренд 657
  - ◇ характеристики 649

## С

Сайт с оценками волатильности любой акции 758

Связь:

- ◇ между двумя листами с Inquire 147
- ◇ между ячейками с Inquire 147
- ◇ счетчика с исходными значениями 270

Сертификация аналитиков 284

Символы:

- ◇ в именах диапазонов 20
- ◇ невидимые, удаление 44
- Симметричность относительно среднего, проверка 722
- Симплекс-метод для решения линейных оптимизационных задач 289, 299
- Скидка с количества 811
- Скользящие средние 656
  - ◇ для временных рядов 645
  - ◇ для четырех периодов 645
- Сложение данных с константой, специальная вставка 131
- Случайность ошибок прогноза 665
- Собственное определение выходных дней 60
- Событие:
  - ◇ неопределенное, определение вероятностей 711
  - ◇ экстремальное (черные лебеди) 727
- Создать из выделенного 11
- Создать правило 215
- Сообщение:
  - ◇ В ходе поиска не удалось найти допустимого решения 302
  - ◇ Значения ячейки целевой функции не сходятся 303
  - ◇ об ошибке, неверные данные 374
- Сортировка 245
  - ◇ без диалогового окна Сортировка 251
  - ◇ в хронологическом порядке 247
  - ◇ до 64 критериев 246
  - ◇ и фильтр 246
  - ◇ на основе:
    - значков 249
    - цвета шрифта 248
    - цвета ячеек 248
  - ◇ список настраиваемый 250
  - ◇ от А до Я 251
- Состояние системы устойчивое 786
- Спарклайн:
  - ◇ автоматическое обновление данных 499
  - ◇ вкладка Конструктор 496
  - ◇ выигрыша/проигрыша 498
  - ◇ гистограмма 498
  - ◇ изменение 496
    - данных 497
  - ◇ максимальные и минимальные точки 496
  - ◇ масштаб осей 497
  - ◇ создание 495
  - ◇ стиль и цвет 497
  - ◇ тип оси дат 497
- Специальная вставка 128
  - ◇ транспонирование матрицы 599
- Список 276, 277
  - ◇ всех листов в книге 209
  - ◇ полей сводной таблицы 411

## Справка:

- ◇ по этой ошибке 139
- ◇ по этой функции 114

## Спрос:

- ◇ неопределенный, моделирование управления запасами 777
- ◇ субъективно определяемый 805

## Спрэд:

- ◇ бабочка 118
- ◇ быков 118
- ◇ медведей 118

## Сравнение двух книг с Inquire 147

## Среднее 395

- ◇ как прогноз без систематической ошибки 704

## Среднее геометрическое 405

## Срезы для фильтрации таблиц 261

## Ссылка циклическая 16, 95, 112, 138

- ◇ разрешение 96, 97

## Ставка:

- ◇ безрисковая 754
- ◇ дисконтирования 77
- ◇ доходности:
  - внутренняя 74
  - модифицированная внутренняя 77
- ◇ процентная 66
  - за период 82

## Стандартное отклонение:

- ◇ выборки 398
- ◇ и прогноз без систематической ошибки 704
- ◇ ошибок прогноза 642

## Статистика описательная 393

- ◇ сравнение наборов данных 400

## Стимул для клиентов сменить компанию 767

## Стоимость:

- ◇ балансовая основного капитала 110
- ◇ капитала 67
- ◇ приведенная 82

## Столбец:

- ◇ закрепить первый 106
- ◇ как именованный диапазон 15
- ◇ копирование формулы во все ячейки 107
- ◇ обращение по имени 98
- ◇ отображение 158
- ◇ скрытый 25, 158
- ◇ удаление фильтра 515
- ◇ функция ИНДЕКС 30

## Строка:

- ◇ закрепление для сохранения видимости 106
- ◇ обращение по имени 98
- ◇ отображение 158
- ◇ скрытая 158
- ◇ состояния Excel 404
- ◇ текстовая, поиск первого совпадения 34
- ◇ увеличение высоты 269
- ◇ удаление пробелов 43, 46
- ◇ формул 10
  - формулы массива 823
- ◇ функция ИНДЕКС 30

## Сумма:

- ◇ выплачиваемая каждый месяц по процентам 85
- ◇ квадратичных ошибок 591, 661
- ◇ независимых случайных величин:
  - дисперсия 694
  - среднее 694
  - стандартное отклонение 694
- ◇ продаж для каждого продавца 184
- ◇ случайных величин 694
- Счетчик 268
  - ◇ для процентов 271

## Т

## Таблица 253

- ◇ данных 789
  - генерация сценариев 729, 733
  - объединение с функциями 156
  - с двумя входами 717, 724
  - с одним входом 739, 741
  - сохранение значений 156
- ◇ двунаправленная 152
- ◇ дисперсионного анализа 614
  - значимость 615
- ◇ однонаправленная 152
- ◇ пересчет, автоматический режим 156
- ◇ сводная 409
  - в сжатой форме 415
  - в табличной форме 416
  - в форме структуры 416
  - вкладка Анализ 418
  - вкладка Конструктор 415
  - временная шкала 446
  - вычисляемое поле 439
  - вычисляемый объект 441
  - гистограммы 426
  - группирование 430, 440
  - детализация 443
  - заголовки в первой строке 411
  - из нескольких диапазонов данных 450
  - извлечение данных 444
  - Использовать внешний источник данных 411
  - макет 415
  - метод расчета для поля данных 413
  - название 417
  - нарастающий итог 447
  - несмежные элементы 441
  - область Значения 413
  - область Столбцы 413
  - область Строки 412
  - область Фильтры 414
  - обновление вычислений 427
  - обобщение данных за разные периоды 446
  - пустые строки 425
  - разгруппировать данные 441
  - сводная диаграмма 423
  - сворачивание и разворачивание полей 417
  - скрыть промежуточные или общие итоги 425
  - создание 411

- сортировка и фильтрация 419
- список Названия строк 420
- список полей 411
- сравнение данных с предыдущим периодом 448
- срезы 425
- стили 417
- условное форматирование 426
- фильтр Первые 10 421
- фильтрация полей 420
- функции ПОИСКПОЗ и СМЕЩ 446

Тариф двухчастный 812

Текст по столбцам, разделители 49

Тенденции рынка 105

Теорема центральная предельная 694, 708

Теория:

- ◇ массового обслуживания 785
  - отрицательное влияние изменчивости на производительность 787
  - условия для анализа 786
  - факторы, влияющие на время ожидания в очереди 786

◇ очередей 785

Товар:

- ◇ сопутствующий, ценообразование 799
- ◇ среднее количество единиц 186

Точка заказа 777

◇ для 95-процентного уровня обслуживания 781

◇ невыполненный заказ 778

◇ упущенный сбыт 780

◇ уровень запасов 777

Точки:

- ◇ данных 383
- ◇ поставки 313
- ◇ спроса 313

Транспортировка:

- ◇ два склада 347
- ◇ местоположение склада 346

Тренд:

- ◇ временного ряда 649
- ◇ и сезонность:
  - в прогнозировании будущего 655
  - оценка 832

Туфт, Эдвард 495

## У

Умножение данных на константу, Специальная вставка 131

Уравнение:

- ◇ линейное, метод итераций в Excel 98
- ◇ регрессии, точки проверки достоверности 618

Уровень:

- ◇ безубыточности, достижение 158, 164
- ◇ запасов:
  - максимальный 772, 774
  - средний 772, 774

◇ страхового запаса 779

◇ обслуживания 780

Условие:

- ◇ вычисляемое 505
  - ◇ диапазон, приемы создания 507
  - ◇ функции для баз данных 503
- Устранение влияния сезонных изменений 656
- Учет регистра 43

## Ф

Файл:

- ◇ Advancedfilter.xlsx 524
- ◇ Amazon.com.xlsx 645
- ◇ Amazon.xlsx 231
- ◇ Applynames.xlsx 17
- ◇ Arrays.xlsx 822
- ◇ ASCIIcharacters.xlsx 44
- ◇ Asiansales.xlsx 192
- ◇ Assetallocationopt.xlsx 733
- ◇ Assetallsim.xlsx 731
- ◇ Assign.xlsx 352
- ◇ Audittwosheets.xlsx 143
- ◇ Autotemp.xlsx 611
- ◇ Bandchart.xlsx 552
- ◇ Baseball.xlsx 36
- ◇ Basketball.xlsx 236
- ◇ Beta.xlsx 700
- ◇ Bezos.xlsx 158
- ◇ Bidsim.xlsx 723
- ◇ Binomialexamples.xlsx 677
- ◇ Binomialsim.xlsx 721
- ◇ Bstemp.xlsx 756, 759
- ◇ Bstempprotected.xlsx 759
- ◇ Bubble.xlsx 569
- ◇ Calculateditem.xlsx 441
- ◇ Capbudget.xlsx 319
- ◇ Categorylabel.xlsx 546
- ◇ Chardynamicrange.xlsx 198
- ◇ Checkbox.xlsx 273, 556
- ◇ Circular.xlsx 96
- ◇ Ciscoexpo.xlsx 584
- ◇ Ciscoimpvol.xlsx 758
- ◇ Cleanexample.xlsx 51
- ◇ Colorscaleinvestment.xlsx 222
- ◇ Combinationstemp.xlsx 540
- ◇ Combobox.xlsx 276
- ◇ Cond colors.xlsx 561
- ◇ Contrateoq.xlsx 774
- ◇ Controls.xlsx 267
- ◇ Correlationexamples.xlsx 595
- ◇ Costestimate.xlsx 575
- ◇ Craps.xlsx 738
- ◇ Creditunion.xlsx 659
- ◇ Crimedata.xlsx 490

- ◇ Data.xlsx 10
- ◇ Databars.xlsx 220
- ◇ Datamodeltemp.xlsx 458
- ◇ Datedif.xlsx 63
- ◇ Datedv.xlsx 374
- ◇ Datelookup.xlsx 25
- ◇ Dates.xlsx 58, 62
- ◇ Dellvol.xlsx 754
- ◇ Dget.xlsx 507
- ◇ Discretessim.xlsx 714
- ◇ Distinct Counttemp.xlsx 464
- ◇ Drugabandon.xlsx 763
- ◇ Drugfore.xlsx 704
- ◇ Dynamicistograms.xlsx 560
- ◇ DynamicLabels.xlsx 554
- ◇ Dynamicrange.xlsx 197
- ◇ East.xlsx 527
- ◇ Eastandwestconsolidated.xlsx 530
- ◇ Eastwestempt.xlsx 10
- ◇ Eq.xlsx 772
- ◇ Errortrap.xlsx 113
- ◇ Errortypes.xlsx 114
- ◇ Excelfinfunctions.xlsx 82, 85, 88
- ◇ Fax.xlsx 589
- ◇ Final4sim.xlsx 742
- ◇ Finmathsolver.xlsx 328, 330
- ◇ Flashfill.xlsx 52
- ◇ Fruitlist.xlsx 379
- ◇ Gantt.xlsx 557
- ◇ Gasprices507.xlsx 258
- ◇ Geommean.xlsx 404
- ◇ Gesim.xlsx 728
- ◇ Gesimless5.xlsx 731
- ◇ Getpivotdata.xlsx 444
- ◇ Globalwarming2011.xlsx 215
- ◇ Groceriespt.xlsx 414, 423
- ◇ Groceriespttemp.xlsx 411
- ◇ Hidden.xlsx 545
- ◇ Highlightcells.xlsx 217
- ◇ Historicalinvest.xlsx 226
- ◇ Historicalinvesttemp.xlsx 15
- ◇ House2.xlsx 650
- ◇ Hypergeom.dist.xlsx 680
- ◇ Ifstatement.xlsx 102, 108
- ◇ Income.xlsx 237
- ◇ Index.xlsx 29
- ◇ Indirectconsolidate.xlsx 208
- ◇ Indirectinsertrow.xlsx 206
- ◇ Indirectmultisheet.xlsx 205
- ◇ Indirectrange.xlsx 207
- ◇ Indirectsimpleex.xlsx 203
- ◇ Interactions.xlsx 621
- ◇ IRR.xlsx 73, 75, 76
- ◇ ISFORMULA\_TEXT.xlsx 138
- ◇ Labelsandtables.xlsx 548
- ◇ Labelsfromcells.xlsx 549
- ◇ Last year.xlsx 18
- ◇ Lefthandlookup.xlsx 191
- ◇ Lemonade.xlsx 152
- ◇ Lemonadegs.xlsx 164
- ◇ Lenora.xlsx 46
- ◇ Linearfit.xlsx 794
- ◇ Lineupsch38.docx 364
- ◇ Lineupsch38.txt 365
- ◇ Lipstickprice.xlsx 806
- ◇ Listbox.xlsx 556
- ◇ Logicalexamples.xlsx 232
- ◇ Lognormal.xlsx 708
- ◇ Lookup.xlsx 22, 24
- ◇ Loyalty.xlsx 765
- ◇ Makeup2007.xlsx 184
- ◇ Makeuparray.xlsx 828
- ◇ Makeupdb.xlsx 502
- ◇ Makeupfilter.xlsx 512
- ◇ Makeupsort.xlsx 249
- ◇ Makeupsorttemp.xlsx 245, 248
- ◇ Makeupsubtotals.xlsx 534
- ◇ Makeuptimeline.xlsx 446
- ◇ Maria.xlsx 165
- ◇ Matchex.xlsx 34
- ◇ Matradingrule.xlsx 105
- ◇ Meanvariance.xlsx 670
- ◇ Missingdata.xlsx 542
- ◇ Modefunctions.xlsx 396
- ◇ MonthtoMonth.xlsx 447
- ◇ Mortgageedt.xlsx 156
- ◇ Mostrecent.xlsx 196
- ◇ Movies.xlsx 194
- ◇ Moviestemp.xlsx 194
- ◇ Mrcostest.xlsx 603
- ◇ Namedrows.xlsx 19
- ◇ Nbadvl.xlsx 373
- ◇ Ncaa2003.xlsx 743
- ◇ Negativedatabars.xlsx 222
- ◇ Negbinom.dist.xlsx 681
- ◇ Nestedsubtotals.xlsx 535
- ◇ Nfl2009april2010.xlsx 335
- ◇ Nflwinslosses.xlsx 498
- ◇ Nlp.xlsx 811, 815
- ◇ Noncontig.xlsx 10
- ◇ Normalexamples.xlsx 690, 691, 694
- ◇ Normalsim.xlsx 714
- ◇ NPV.xlsx 65
- ◇ NPVaudit.xlsx 140, 147
- ◇ NPVauditscenario.xlsx 170
- ◇ NPVspinners.xlsx 268
- ◇ NPVspinnerstemp.xlsx 269
- ◇ Numberdv.xlsx 376
- ◇ Offsetcost.xlsx 193, 196
- ◇ Offsetexample.xlsx 190

- ◇ Oilwell.xlsx 761
- ◇ Onewayanova.xlsx 630
- ◇ Optionbuttons.xlsx 275
- ◇ Optionfigures.xlsx 752
- ◇ Pareto.xlsx 566
- ◇ Pastespecial.xlsx 127, 129, 130
- ◇ Payback.xlsx 37
- ◇ Paymentgs.xlsx 165
- ◇ Percentile.xlsx 401
- ◇ Peyton.xlsx 369
- ◇ Phoneloyalty.xlsx 767
- ◇ Picturegraph.xlsx 546
- ◇ Pivotwithslicers.xlsx 477
- ◇ Poisson.xlsx 686
- ◇ Poker.xlsx 739
- ◇ Powerexamples.xlsx 587
- ◇ Powerfit.xlsx 796
- ◇ Preselect12l.xlsx 616
- ◇ Prodmix.xlsx 147, 293, 302
- ◇ Prodmixtemp.xlsx 147
- ◇ Productlookup.xlsx 35
- ◇ Proforma.xlsx 108
- ◇ Ptableexample.xlsx 436, 439
- ◇ Pcustomers.xlsx 420
- ◇ Qd.xlsx 818
- ◇ Queuingtemplate.xlsx 788
- ◇ Radar.xlsx 568
- ◇ Randdemo.xlsx 712
- ◇ Randy.xlsx 563
- ◇ Ratioma.xlsx 655
- ◇ Razorsandblades.xlsx 800
- ◇ Reorderpoint\_backorder.xlsx 778
- ◇ Reorderpoint\_lostsales.xlsx 780
- ◇ Repeatedhisto.xlsx 49
- ◇ Resampleyield.xlsx 747
- ◇ Rock.xlsx 176
- ◇ Salesstripping.xlsx 48
- ◇ Salestracker.xlsx 550
- ◇ Sandp.xlsx 228
- ◇ Scalesiconsdatabars.xlsx 224
- ◇ Secondaryaxis.xlsx 540
- ◇ Servicelevelreorder.xlsx 781
- ◇ Sheetnames.xlsx 16
- ◇ Skewexamples.xlsx 387
- ◇ Sortedgraphx.xlsx 558
- ◇ Sparklines.xlsx 495
- ◇ Statedv.xlsx 377
- ◇ States.xlsx 13, 472
- ◇ Statestemp.xlsx 11
- ◇ Station.xlsx 433
- ◇ Stock.xlsx 383, 389, 394, 399
- ◇ Stockcorrel.xlsx 597
- ◇ Storesales.txt 471
- ◇ Sumindirect.xlsx 204
- ◇ Tableexampletemp.xlsx 254
- ◇ Tablemakeuptemp.xlsx 259
- ◇ Tablemakeuptotals.xlsx 260
- ◇ Tablestructure.xlsx 263
- ◇ Teasales.xlsx 482
- ◇ Teasales1.xlsx 486
- ◇ Teasalescharts.xlsx 485
- ◇ Teasalesfilterbycharts.xlsx 486
- ◇ Teasalesmap.xlsx 489
- ◇ Teasaleslicer.xlsx 488
- ◇ Teasalestyles.xlsx 488
- ◇ Textfunctions.xlsx 42
- ◇ Thermometer.xlsx 553
- ◇ Time.xlsx 122
- ◇ Toyrev.xlsx 115
- ◇ Toystrustrend.xlsx 832
- ◇ Transport.xlsx 313
- ◇ Traveldata.xlsx 429
- ◇ Trimmean.xlsx 403, 404
- ◇ tsp.xlsx 360
- ◇ Twinpeaks.xlsx 389
- ◇ Twowayanova.xlsx 639
- ◇ Valentine.xlsx 716
- ◇ Verticalline.xlsx 568
- ◇ Walmartrev.xlsx 115
- ◇ Waterfallcharts.xlsx 562
- ◇ Weekendformatting.xlsx 234
- ◇ Weibullest.xlsx 697
- ◇ West.xlsx 451, 527
- ◇ Worksheetnames.xlsm 209
- ◇ XNPV.xlsx 69
- Фактор:**
  - ◇ влияющий на число клиентов 659
  - ◇ качественный, в множественной регрессии 611
- Фильтр:**
  - ◇ по цвету 520
  - ◇ повторное применение после изменения данных 524
  - ◇ расширенный 524
  - ◇ удаление из столбца и базы данных 515
- Флажок 273**
  - ◇ Включить итеративные вычисления 95, 97
  - ◇ Использовать автоматическое масштабирование 329
  - ◇ Метки в первой строке 630
  - ◇ Остановить, если истина 237
  - ◇ Первый столбец 257
  - ◇ показывать уравнение на диаграмме 576
  - ◇ поместить на диаграмму величину достоверности аппроксимации ( $R^2$ ) 576
  - ◇ Последний столбец 257
  - ◇ Создавать связи с исходными данными 530
  - ◇ Строка заголовка 257
  - ◇ Строка итогов 257
  - ◇ Таблица с заголовками 254
  - ◇ транспонировать 129

- ◇ Чередующиеся столбцы 257
- ◇ Чередующиеся строки 257
- Формат:
  - ◇ общий 59
  - ◇ пользовательский 216
- Форматирование условное 213, 214, 354, 817
  - ◇ выбросы в прогнозах 663
  - ◇ выделение выбросов 399
  - ◇ изменение 214
  - ◇ правило:
    - изменение 219
    - приоритет, изменение 219
    - создание 219
    - удаление 219
- Формула:
  - ◇ вычисление части 196
  - ◇ для определения форматируемых ячеек 234
  - ◇ защита от изменений 759
  - ◇ массива 822
    - аргументы-массивы 822
    - изменение 831
    - интерпретация 823
    - комбинация клавиш <Ctrl>+<Shift>+<Enter> 822
    - копирование 822
    - невозможность копирования 822
  - ◇ реализация в Excel 755
  - ◇ трехмерная 134
  - ◇ ценообразования опционов Блэка—Шоулза 751
- Функция:
  - ◇ ABS 345
  - ◇ АГРЕГАТ 114
  - ◇ БДСУММ 501
  - ◇ БЕТА.РАСП 701
  - ◇ БИЗВЛЕЧЬ 507
  - ◇ БИНОМ.ОБР 679, 721, 724
  - ◇ БИНОМ.РАСП 677
  - ◇ БИНОМРАСП 677
  - ◇ БС 83
  - ◇ БСЧЁТ 505
  - ◇ БСЧЁТА 505
  - ◇ ВЕЙБУЛЛ.РАСП 698
  - ◇ ВЕЙБУЛЛРАСП 700
  - ◇ ВПР 21, 337, 714, 741
  - ◇ ВРЕМЗНАЧ 124
  - ◇ ВРЕМЯ 124
  - ◇ возвращающая массив 822
    - краткий обзор 609
    - ЛИНЕЙН 608
    - ТЕНДЕНЦИЯ 620
  - ◇ ВСД 74
    - для нерегулярных потоков 77
    - единственное значение 76
    - проекта и стоимость капитала 76
  - ◇ ГИПЕРГЕОМ.РАСП 680
  - ◇ ГОД 62
  - ◇ ГПР 22, 25, 352
  - ◇ ДАТА 62
  - ◇ ДАТАЗНАЧ 59
  - ◇ ДВССЫЛ 203, 379
    - для чтения имени диапазона 208
  - ◇ ДЕНЬ 62
  - ◇ ДЕНЬНЕД 62, 234
  - ◇ ДИСП.В 398
  - ◇ ДИСП.Г 398
  - ◇ ДЛСТР 43
  - ◇ ДСРЗНАЧ 503
  - ◇ ЕКСП.РАСП 687
  - ◇ ЕКСПРАСП 687
  - ◇ ЕОШИБКА 826
  - ◇ ЕСЛИ 102
    - вложенная 103, 116
  - ◇ ЕСЛИОШИБКА 113
  - ◇ ЕФОРМУЛА 138
  - ◇ ЕЧИСЛО 376
  - ◇ ЗАМЕНИТЬ 44
  - ◇ ЗНАЧЕН 44, 825
  - ◇ И 106, 232, 503
  - ◇ ИЛИ 108, 232, 503
  - ◇ ИНДЕКС 29, 360, 557
  - ◇ КВПИРСОН 580
  - ◇ КОРЕНЬ 638
  - ◇ КОРРЕЛ 599
  - ◇ КПЕР 89
  - ◇ КРИТБИНОМ 679
  - ◇ ЛГРФПРИБЛ 832
  - ◇ ЛЕВСИМВ 42, 194
  - ◇ ЛИНЕЙН 608
  - ◇ ЛИСТ 210
  - ◇ ЛИСТЫ 209
  - ◇ логическая 232
  - ◇ ЛОГНОРМ.ОБР 710
  - ◇ ЛОГНОРМ.РАСП 709
  - ◇ ЛОГНОРМРАСП 709
  - ◇ МАКС 110
  - ◇ МВСД 77
  - ◇ мгновенное заполнение, отключение 53
  - ◇ МЕДИАНА 835
  - ◇ МЕДИАНАЕСЛИ (разработка) 835
  - ◇ МЕСЯЦ 62
  - ◇ МИН 344, 716
  - ◇ МИНУТЫ 124
  - ◇ МОБР 837
  - ◇ МОДА.НСК 396
  - ◇ МОДА.ОДН 396
  - ◇ МУМНОЖ 836
  - ◇ НАИБОЛЬШИЙ 37, 402
  - ◇ НАИМЕНЬШИЙ 37, 402
  - ◇ НАЙТИ 43, 194
  - ◇ НАКЛОН 579, 657
  - ◇ НЕ 232

◇ негладкая 290  
 ◇ НОРМ.ОБР 693, 741  
 ◇ НОРМ.РАСП 692  
 ◇ НОРМ.СТ.РАСП 755  
 ◇ нормальная интегральная 692  
 ◇ НОРМРАСП 692  
 ◇ ОБЩДОХОД 87  
 ◇ ОБЩПЛАТ 88  
 ◇ ОСПЛТ 86  
 ◇ ОСТАТ 115  
 ◇ ОТРБИНОМ.РАСП 681  
 ◇ ОТРЕЗОК 579  
 ◇ ПЕЧСИМВ 44  
 ◇ плотности вероятности 671  
 ◇ ПЛТ 85, 156  
 ◇ ПОВТОР 43, 49  
 ◇ ПОДСТАВИТЬ 45  
 ◇ ПОИСК 43  
 ◇ поиска 21  
 ◇ ПОИСКПОЗ 33, 36, 191, 816  
 ◇ ПОЛУЧИТЬ.ДАнные.СВОДНОЙ.ТАБЛИЦЫ  
 444, 563  
   ▫ отключение 445  
 ◇ ПРАВСИМВ 42  
 ◇ ПРОПИСН 44  
 ◇ ПРОПНАЧ 44  
 ◇ ПРОЦЕНТИЛЬ.ВКЛ 402  
 ◇ ПРОЦЕНТИЛЬ.ИСКЛ 402  
 ◇ ПРОЦЕНТРАНГ.ВКЛ 402  
 ◇ ПРОЦЕНТРАНГ.ИСКЛ 402  
 ◇ ПРИПТ 85  
 ◇ ПС 81  
 ◇ ПСТР 43  
 ◇ ПУАССОН 686  
 ◇ ПУАССОН.РАСП 685  
 ◇ РАБДЕНЬ 59  
 ◇ РАБДЕНЬ.МЕЖД 60  
 ◇ РАНГ 550  
 ◇ РАНГ.РВ 403, 740  
 ◇ РАНГ.СР 403  
 ◇ РОСТ 834  
 ◇ РЯД 200  
 ◇ СЕГОДНЯ 59, 123  
 ◇ СЕКУНДЫ 124  
 ◇ СЖПРОБЕЛЫ 43  
 ◇ СИМВОЛ 44  
 ◇ СКОС 397  
 ◇ СЛУЧМЕЖДУ 728, 731, 738  
 ◇ СЛЧИС 712, 721, 739, 742  
 ◇ СМЕЩ 189  
 ◇ СРГЕОМ 405  
 ◇ СРЗНАЧ 10, 638  
 ◇ СРЗНАЧЕСЛИ 184  
 ◇ СРЗНАЧЕСЛИМН 184  
 ◇ СТАВКА 88

◇ СТАНДОТКЛОН 718  
 ◇ СТАНДОТКЛОН.В 398, 705, 734  
 ◇ СТАНДОТКЛОН.Г 398  
 ◇ статистическая для баз данных 501  
 ◇ СТОЛБЕЦ 209, 241  
 ◇ СТОШУХ 579  
 ◇ СТРОКА 115, 209, 241  
 ◇ СТРОЧН 44  
 ◇ СУММ 14, 193, 501  
 ◇ СУММЕСЛИ 183, 503  
 ◇ СУММЕСЛИМН 184  
 ◇ СУММПРОИЗВ 308, 315, 321  
 ◇ СЦЕПИТЬ 43  
 ◇ СЧЁТ 180, 197  
 ◇ СЧЁТЕСЛИ 176, 352, 559, 712  
 ◇ СЧЁТЕСЛИМН 176  
 ◇ СЧЁТЗ 180, 195  
 ◇ СЧИТАТЬПУСТОТЫ 180  
 ◇ ТДАТА 123  
 ◇ ТЕНДЕНЦИЯ 620  
 ◇ ТРАНСП 824  
 ◇ УРЕЗСРЕДНЕЕ 404  
 ◇ Ф.ТЕКСТ 138  
 ◇ финансовая 81  
 ◇ ЧАС 124  
 ◇ ЧАСТОТА 560, 824  
 ◇ ЧИСТВНДОХ 77  
 ◇ ЧИСТНЗ 68, 768  
 ◇ ЧИСТРАБДНИ 61  
 ◇ ЧИСТРАБДНИ.МЕЖД 62  
 ◇ ЧПС 67, 87  
 Фэйр, Рой 616

## Х

Холланд, Джон 345

## Ц

Цена:

◇ влияние на продажи 639  
 ◇ исполнения опциона 751  
 ◇ максимально увеличивающая прибыль 154  
 ◇ опциона 753  
 ◇ предложения, оптимальная 721  
   ▫ вычисление 722  
   ▫ для проекта строительства 722  
   ▫ метод Монте-Карло 721  
   ▫ оценка стандартного отклонения для конку-  
   рента 722

Ценность клиента 765

Ценообразование:

◇ двухчастный тариф 812  
 ◇ линейное 811  
 ◇ нелинейное 811  
   ▫ с максимальной прибылью 814



- ◇ объединение в набор 812
  - ◇ с сопутствующими товарами 799
  - ◇ скидка с количества 811
  - ◇ субъективно определяемый спрос 805
- Центрированные скользящие средние 656

## Ч

Часы между временем начала и окончания 124

Число:

- ◇ периодов аннуитета 82
  - ◇ периодов для погашения займа 89
  - ◇ различных элементов 464
  - ◇ символов, максимальное 116
  - ◇ случайное для инициации поиска в таблице 714
- Чистая приведенная стоимость (ЧПС) 66, 73, 319, 765, 766, 768
- ◇ для нерегулярных потоков 68
  - ◇ на начало года 68
  - ◇ на середину года 68

## Ш

Шкала цветовая 215, 222

## Э

- Экономика, влияние на президентские выборы 616
- Эксперимент 669
- Эксцесс 397
- Эластичность ценовая:
- ◇ если неизвестна 805
  - ◇ спроса 794

## Я

Ячейка:

- ◇ опорная для функции СМЕЩ 189
- ◇ целевая 287

Ячейки:

- ◇ влияющие 140
- ◇ для расчета значения в активной ячейке 139
- ◇ зависимые от активной ячейки 140, 141
- ◇ игнорируемые 114
- ◇ изменяемые 287
  - все разные 359

# Microsoft Excel 2013

## Анализ данных и бизнес-моделирование

Осваивайте методы бизнес-моделирования и анализа с помощью Microsoft Excel 2013, преобразуйте данные в понятные итоговые результаты!

Профессор Уэйн Л. Винстон написал практическое руководство, ориентированное на сценарии. В нем наглядно демонстрируется использование новейших инструментов Excel для интеграции данных из нескольких таблиц и создания реляционного источника данных в книге Excel.

### Решайте бизнес-задачи с помощью Excel и оттачивайте свое мастерство:

- уплотняйте данные с помощью сводных таблиц и описательной статистики;
- изучайте новые тенденции в прогнозной и предписывающей аналитике;
- используйте кривые тренда, множественную регрессию и экспоненциальное сглаживание;
- осваивайте расширенные функции Excel, такие как СМЕЩ (OFFSET) и ДВССЫЛ (INDIRECT);
- исследуйте ключевые финансовые, статистические функции и функции даты и времени;
- создавайте наглядные диаграммы с помощью инструмента Power View;
- решайте сложные задачи оптимизации с помощью инструмента поиска решения Solver;
- используйте метод Монте-Карло для имитационного моделирования торгов;
- применяйте важнейшие инструменты моделирования, такие как надстройка Inquire.

Уэйн Л. Винстон последние 15 лет обучал сотрудников компаний из списка Fortune 500 и студентов программ MBA наиболее эффективным методам использования Microsoft Excel для принятия оптимальных решений, получил свыше 45 наград как преподаватель, написал несколько книг по маркетинговой аналитике и математике, включая Practical Management Science, Mathematics и Marketing Analytics.



Английскую версию учебных файлов из книги можно скачать по ссылке: <http://aka.ms/Excel2013Data/files>

Издательство  
**Русская редакция**  
125362, Москва,  
ул. Свободы, д. 17, а/я 14  
E-mail: [info@rusedit.com](mailto:info@rusedit.com)  
Internet: [www.rusedit.com](http://www.rusedit.com)  
Тел.: (495) 638-5-638

**БХВ-ПЕТЕРБУРГ**  
191036, Санкт-Петербург,  
Гончарная ул., 20  
Тел.: (812) 717-10-50,  
339-54-17, 339-54-28  
E-mail: [mail@bhv.ru](mailto:mail@bhv.ru)  
Internet: [www.bhv.ru](http://www.bhv.ru)



РУССКАЯ РЕДАКЦИЯ

ISBN 978-5-9775-3584-7

