

**А. Дубина · С. Орлова · И. Шубина · А. Хромов**

# **Excel**

## **ДЛЯ ЭКОНОМИСТОВ И МЕНЕДЖЕРОВ**

**Экономические  
расчеты  
и оптимизационное  
моделирование  
в среде Excel**

 **ПИТЕР®**

Москва · Санкт-Петербург · Нижний Новгород · Воронеж  
Ростов-на Дону · Екатеринбург · Самара · Новосибирск  
Киев · Харьков · Минск

2004

ББК 32.973-018.2  
УДК 681.3:33  
Д79

**Дубина А. Г., Орлова С. С., Шубина И. Ю., Хромов А. В.**  
Д79 Excel для экономистов и менеджеров. — СПб.: Питер, 2004. — 295 с.: ил.

ISBN 5-94723-700-8

Книга является практическим руководством по использованию и разработке в среде Excel расчетных решений, предназначенных для автоматизации экономических расчетов и решения оптимизационных задач.

Все представленные в книге расчетные решения имеют очень простую структуру, при их создании максимально использовались простые стандартные средства Excel, поэтому их изучение и использование не требуют от читателей глубоких знаний Excel — необходимо иметь представление о правилах создания расчетных формул на основе встроенных функций Excel и знать некоторые «сопутствующие» вопросы.

Все примеры, рассматриваемые в книге, в виде расчетных XLS-файлов можно найти на сайте ИД «Питер» по адресу: <http://shop.piter.com/book/978594723700>. XLS-файлы полностью готовы к использованию, — с их помощью читатели смогут выполнять расчеты по всем темам, рассмотренным в книге. Все примеры достаточно подробно документированы и предоставляются с исходными ресурсами. Поэтому при необходимости вы легко сможете использовать их в качестве основы для решения стоящих перед вами конкретных задач.

ББК 32.973-018.2  
УДК 681.3:33

Все права защищены. Никакая часть данной книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме без письменного разрешения владельцев авторских прав.

ISBN 5-94723-700-8

© ЗАО Издательский дом «Питер», 2004

## ОГЛАВЛЕНИЕ

От авторов .....	8
<b>Часть 1. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ</b> .....	10
<b>Глава 1. Разработка расчетных решений в среде Excel 97/2000</b> .....	10
Категории встроенных функций Excel .....	11
Возможности применения в разных предметных областях .....	11
Две категории стандартных функций Excel .....	12
Встроенный язык программирования .....	13
Что такое VBA .....	13
Как VBA взаимодействует с приложениями Microsoft Office .....	14
Общие и «индивидуальные» объекты .....	15
Общие сведения о языке VBA .....	15
Простые типы данных .....	16
Уточнения по некоторым типам .....	16
Объявление переменных и констант простых типов .....	17
Константы .....	19
Массивы .....	20
Операторы .....	20
Несколько полезных операторов .....	26
Обработка ошибок. Операторы On Error, Resume. Объект Err .....	28
Встроенные функции VBA .....	31
VBA и Visual Basic .....	37
Почему необходимо знать VBA .....	37
Простейшие приемы использования VBA .....	38
Использование макрорекордера .....	38
Создание пользовательской процедуры .....	40
Создание пользовательской функции .....	42
<b>Глава 2. Пример разработки простого расчетного решения</b> .....	45
Структура демонстрационного файла .....	45
Решения с использованием только встроенных функций .....	46
Много простых формул .....	46
Мало сложных формул .....	47

Встроенные и пользовательские функции .....	48
Только пользовательские функции .....	49
Одна функция с управляющим параметром .....	50
Заключение .....	51
<b>Глава 3. Оформление и документирование рабочих листов Excel</b> .....	<b>51</b>
Общая структура файлов .....	51
Оформление рабочих листов .....	51
Типы формул .....	52
<b>Глава 4. Работа с файлами примеров</b> .....	<b>54</b>
Список файлов .....	54
Соглашение об использовании и распространении файлов .....	55
Соглашение об ответственности .....	57
Тестирование файлов и обновления Excel .....	58
Тестирование файлов .....	58
Обновление Excel 97 .....	58
Обновления следующих версий Excel .....	59
<b>Часть 2. ПРОСТЫЕ ФИНАНСОВЫЕ РАСЧЕТЫ</b> .....	<b>60</b>
<b>Глава 5. Нарощенные суммы по простым и сложным процентным ставкам</b> .....	<b>60</b>
Доходность вексельной сделки .....	60
Простые проценты без изменения ставки .....	61
Простые проценты с изменением ставки .....	62
Сложные проценты без изменения ставки .....	66
Сложные проценты с изменением ставки .....	68
Сравнение расчетов по формулам сложных и простых процентов и смешанным методом .....	70
Номинальная ставка .....	72
Номинальная и эффективная ставки .....	74
Непрерывное начисление процентов .....	76
Дисконтированная (приведенная) стоимость .....	77
<b>Глава 6. Ренты (аннуитеты)</b> .....	<b>79</b>
Нарощенная сумма обыкновенной ренты. Пример формирования фонда .....	82
Нарощенная сумма обыкновенной ренты. Пример с начислением сложных процентов .....	83
<b>Часть 3. ФИНАНСОВОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЕМ И БИЗНЕС-ПЛАНИРОВАНИЕ</b> .....	<b>85</b>
<b>Глава 7. Управление затратами</b> .....	<b>85</b>
<b>Глава 8. Платежеспособность предприятия. Управление оборотными кредитами и кредиторской задолженностью</b> .....	<b>91</b>

Коэффициенты покрытия .....	91
Расчет и оценка оборачиваемости дебиторской задолженности .....	93
Расчет и оценка оборачиваемости кредиторской задолженности .....	94
<b>Часть 4. ОЦЕНКА СТОИМОСТИ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ .....</b>	<b>97</b>
<b>Глава 9. Функциональное и экономическое устаревание .....</b>	<b>97</b>
Функциональное и экономическое устаревание, связанное с избыточным расходом энергии .....	97
Функциональное и экономическое устаревание, связанное с избыточными трудозатратами .....	100
<b>Глава 10. Доходный подход к оценке стоимости.....</b>	<b>101</b>
Оценка стоимости транспортного средства .....	102
Оценка стоимости машинного комплекса для производства машиностроительных деталей .....	104
<b>Часть 5. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ОПТИМИЗАЦИИ .....</b>	<b>105</b>
<b>Глава 11. Общие вопросы использования надстройки Поиск решения .....</b>	<b>107</b>
Общие сведения об инструменте Поиск решения .....	107
Назначение надстройки Поиск решения (Solver) .....	108
Ограничения в задачах .....	109
Ограничения в сравнении с логическими формулами .....	109
Виды математических моделей .....	110
Установка надстройки Поиск решения (Solver) .....	110
<b>Глава 12. Решение оптимизационной задачи .....</b>	<b>112</b>
Пример работы с надстройкой Поиск решения (Solver) .....	112
Поиск решения на основе примера Модель сбыта .....	112
Структура рабочего листа примера .....	112
Поиск оптимального решения .....	114
Изменение ограничений .....	118
Виды ограничений .....	119
Изменение параметров работы .....	120
Если оптимальное решение не найдено .....	123
Создание отчетов по результатам поиска решения .....	124
Сохранение параметров модели .....	126
Загрузка параметров модели .....	129
Использование моделей параметров в наших примерах .....	130
Использование сценариев при решении оптимизационных задач .....	130
Способы создания сценариев .....	131
Использование списка Сценарий (Scenario) .....	131
Диспетчер сценариев .....	136
Выбор сценария .....	138
Использование сценариев в наших примерах .....	138

Дополнительные вопросы использования сценариев .....	139
Изменение исходных данных .....	139
Надстройка Поиск решения и защищенные рабочие листы .....	140
<b>Глава 13. Примеры решения оптимизационных задач .....</b>	<b>141</b>
Задача на оптимальное распределение ресурсов .....	141
Транспортная задача .....	148
График занятости .....	152
<b>Глава 14. Задачи оптимизации перевозок .....</b>	<b>159</b>
Цветовое оформление рабочих листов .....	159
Перевозки с долевым участием нескольких перевозчиков (доля — в числе перевозок) .....	160
Задача и ее решения .....	160
Округление данных .....	165
Оптимальная организация данных на рабочем листе .....	168
Перевозки с долевым участием нескольких перевозчиков (доля — в стоимости перевозок) .....	169
Задача и ее решения .....	169
Несколько экспериментов с числами .....	175
Перегон транспортных средств .....	178
Перегон транспортных средств с жесткими ограничениями по допустимым маршрутам (прямые ограничения на ячейки) .....	183
Перегон транспортных средств с жесткими ограничениями по допустимым маршрутам (несколько диапазонов изменяемых данных) .....	187
Перегон транспортных средств с жесткими ограничениями по допустимым маршрутам (запретительные тарифы) .....	189
Перегон транспортных средств с ограничениями по максимальному количеству перегонов по некоторым маршрутам (нежесткие ограничения) .....	192
Перегон транспортных средств с ограничениями по максимальному количеству перегонов по всем маршрутам (нежесткие ограничения) .....	194
Перегон транспортных средств с ограничениями по максимальному количе- ству перегонов по большинству маршрутов (нежесткие ограничения) .....	197
Несколько примеров типичных транспортных задач .....	199
Задача оптимизации перевозок нескольких невзаимозаменяемых товаров (многоресурсная задача с ограничениями по пропускной возможности маршрутов) .....	203
Структура рабочего листа .....	203
Важные замечания .....	206
Структура ограничений .....	207
Поиск решения .....	210
Задача оптимизации перевозок нескольких взаимозаменяемых товаров (многоресурсная задача с ограничениями по пропускной возможности маршрутов) .....	213
Структура рабочего листа .....	214
Важные замечания и структура ограничений .....	217

<b>Глава 15. Задачи оптимизации распределения (расхода) ресурсов</b> .....	217
Цветовое оформление рабочих листов .....	217
Оптимальные смеси материалов (на примере угля) .....	219
Оптимальные смеси материалов с ограничениями на доступные ресурсы компонентов (на примере бензина) .....	223
Оптимальное соотношение числа местных и иностранных студентов, обучающихся в университете .....	227
Минимизация суммарной стоимости закупаемых изделий .....	230
Два примера оптимизации использования производственных ресурсов при достижении максимальной прибыли .....	232
Оптимизация использования производственных ресурсов при достижении максимальной прибыли в условиях требований по обязательному объему выпуска изделий .....	234
«Задача о рюкзаке»: оптимизация загрузки транспортных средств грузами с различными весовыми, объемными, стоимостными и прочими характеристиками .....	238
Второй вариант «задачи о рюкзаке» .....	240
<b>Глава 16. Задачи оптимизации раскроя материалов</b> .....	242
Раскрой металлического листа по длине .....	242
Структура рабочих листов .....	243
Оптимальное решение для тех же исходных данных, условий и ограничений (минимизация общей длины отходов) .....	245
Оптимальное решение для тех же исходных данных и ограничений, минимизация числа израсходованных листов .....	245
Оптимальное решение для тех же исходных данных и ограничений (минимизация количества израсходованных листов) .....	246
Сравнение решений .....	247
Оптимальное решение для тех же исходных данных и ограничений (минимизация ДОЛИ отходов) .....	247
Оптимальное решение для тех же исходных данных и ограничений (минимизация общей длины отходов и «лишних» заготовок) .....	248
Вариант с ограничением числа «лишних» заготовок .....	249
Оптимальный раскрой с требованием по получению полных комплектов заготовок .....	252
Дополнительные примеры задач на оптимальный раскрой материалов .....	259
<b>Приложение 1. Финансовые расчеты по методике И. Я. Лукаевича</b> .....	262
<b>Приложение 2. Бизнес-планирование по методике А. С. Пелиха</b> .....	268
<b>Приложение 3. Оформление рабочих листов</b> .....	282
Как в одну ячейку ввести символы с разным размером шрифта .....	282
Как в ячейку ввести символы греческого алфавита. ....	283
Как в ячейку ввести символы верхнего или нижнего индексов .....	284
<b>Приложение 4. Работа с редактором формул</b> .....	286
<b>Список литературы</b> .....	293

## ОТ АВТОРОВ

Уважаемые читатели! В этой книге представлена технология проведения финансовых, экономических и производственно-технологических расчетов с помощью популярного процессора электронных таблиц Microsoft Excel 97/2000/2002(XP).

При подготовке книги мы стремились решить следующие задачи:

- рассказать о возможностях, предоставляемых Excel начинающим и опытным пользователям для разработки в кратчайшие сроки простых эффективных средств автоматизации расчетов (относящихся к указанной категории) любой сложности;
- дать общие сведения о встроенном языке программирования Visual Basic for Application и его роли в современном программировании;
- рассказать о различных технологиях создания расчетных файлов Excel на нескольких простых примерах решения квадратного уравнения;
- самое главное — предоставить готовые к использованию средства автоматизации решения наиболее типичных задач, связанных с выполнением простых и сложных финансовых вычислений и решением оптимизационных задач.

В связи с этим все изложение книги построено на большом количестве готовых к использованию примеров, представленных в виде файлов Excel, которые вы можете «скачать» по адресу <http://shop.piter.com/book/978594723700>

Мы не ставили перед собой задачу дать хорошие теоретические сведения по рассматриваемым в книге предметным областям, так как читателям доступны соответствующие расчетные методики, подготовленные ведущими специалистами: часть из них представлена в списке литературы.

Книга в большей степени рассказывает о том, КАК решить ту или иную задачу с помощью Excel, чем о том, на каком математическом аппарате основывается ее решение.

Расчетные решения, приведенные в книге, основываются на теоретических и практических материалах, представленных в целом ряде популярных методик, предназначенных для специалистов в области финансового планирования/учета и организации производства.



Все представленные в книге расчетные решения имеют очень простую структуру, при их создании максимально использовались простые стандартные средства Excel, поэтому их изучение и использование не требуют от читателей глубоких знаний Excel — необходимо иметь представление о правилах создания расчетных формул на основе встроенных функций Excel и знать некоторые «сопутствующие» вопросы.

Все расчетные решения представлены в виде XLS-файлов, готовых к использованию в среде Excel (все файлы протестированы в различных сочетаниях версий Excel и операционных систем).

Все примеры достаточно подробно документированы и предоставляются с исходными ресурсами. Поэтому при необходимости вы легко сможете использовать их в качестве основы для решения стоящих перед вами конкретных задач.

Для нас важно ваше мнение об этой книге. Вы можете написать нам по адресу: [dag\\_tech@yahoo.com](mailto:dag_tech@yahoo.com).

## Часть 1. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

Глава 1. Разработка расчетных решений в среде Excel 97/2000.

Глава 2. Пример разработки простого расчетного решения.

Глава 3. Оформление и документирование рабочих листов Excel.

Глава 4. Работа с файлами примеров.

### Глава 1. РАЗРАБОТКА РАСЧЕТНЫХ РЕШЕНИЙ В СРЕДЕ EXCEL 97/2000

«Расчетно-прикладная» ориентация книги обусловила необходимость рассмотреть стандартные возможности Excel немного по-иному — не так, как принято в традиционных справочниках и учебниках по этому отличному вычислительному инструменту.

Именно поэтому, с одной стороны, для изучения материалов книги и для работы с примерами, помещенными в архив прилагаемый к книге, требуются минимальные навыки работы с Excel. С другой стороны, читателю, которому необходимы более углубленные знания по различным средствам, функциям и инструментам Excel, придется детально изучить стандартный Help (помощь–подсказку) Excel или воспользоваться дополнительными учебниками. Мы исходим из того, что читатель в общих чертах представляет, что такое встроенная функция, понимает различие между понятиями «встроенная функция» (один из множества вычислительных элементов Excel) и «формула» (конкретное выражение, возможно, включающее в себя более чем одну функцию и выполняющее действия на основе одного или нескольких значений).

Тем более это будет необходимо читателям, всерьез заинтересовавшимся возможностями разработки расчетных приложений не только с помощью встроенных функций Excel, но и с помощью Visual Basic for Application — мощного встроенного языка программирования. В этой книге невозможно описать все аспекты и средства разработки, тестирования и оформления программных VBA-решений в среде Excel, поэтому в конце книги приведен достаточно обширный список книг для VBA-разработчиков.

Содержание книги «не привязано» к конкретной версии Excel-97 или 2000, английской или русской. Все примеры, рассмотренные в книге и помещенные на дискету, функционируют совершенно одинаково в любой из доступных в настоящее время версий Excel, начиная с Excel-97. «Внутреннее устройство» этих примеров и решений также одинаково (однако процесс создания некоторых элементов

в Excel-97 немного отличается от действий, приводящих к такому же результату в Excel-2000, — такие ситуации рассматриваются достаточно подробно). Поэтому по всему тексту, за редкими специально оговоренными исключениями, используется обозначение **Excel** вместо Excel-97/2000.

Значительная (если не большая) часть примеров разработана без использования VBA — только на основе встроенных функций Excel. Более того, многие примеры разработаны без использования специальных и инженерных функций, находящихся в XLA-надстройках, входящих в стандартный комплект Excel-97/2000. Такой подход существенно упрощает изучение примеров и использование решений неопытными пользователями.

---

## СОВЕТ

Некоторые особенности, связанные с обновлением русской и английской версий Excel-97, рассмотрены в главе 4.

---

В этой главе, как и во всей книге, приведен общий обзор средств Excel, необходимых в первую очередь для прикладных и технических расчетов. Стандартным математическим возможностям, обеспечивающим простейшее сложение чисел по колонкам и строкам, немного более сложным операциям — расчетам промежуточных итогов, статистическим вычислениям и прочим — внимание практически не уделяется.

## Категории встроенных функций Excel

Excel имеет огромное количество встроенных функций, которые традиционно разделяются на следующие категории:

- арифметические и тригонометрические;
- инженерные функции;
- финансовые функции;
- функции для работы с базами данных, массивами и ссылками;
- функции работы с датой и временем;
- информационные функции;
- логические функции;
- статистические функции;
- функции обработки текста.

Тема данной книги — финансовые, экономические и производственно-технологические расчеты — делает наиболее важной категорию финансовых функций.

## Возможности применения в разных предметных областях

Excel является отличным средством автоматизации решения самых различных расчетных задач. В первую очередь (вполне оправданно) Excel используется в финансовой сфере и как средство обработки больших массивов числовой информа-

ции. Однако в настоящее время, наряду с бухгалтерами, экономистами и финансистами, все большее количество технических специалистов, инженеров и технологов начинают использовать Excel для сложных многозвенных технических расчетов.

В этой связи можно выделить две большие категории принципиально разных задач, для решения которых целесообразно использовать Excel:

- Цепочечные расчеты по сложным формулам, при этом объем исходных данных невелик и они вводятся преимущественно вручную (мало данных, сложные расчеты).
- Аналитическая обработка данных, которая во многих случаях сводится к простым операциям с большим объемом данных. Несмотря на простоту этих операций, вычисления с большими массивами информации целесообразно проводить с помощью такого замечательного инструмента, как Excel (много данных, несложные расчеты).

В этой книге рассматриваются задачи, относящиеся к обеим этим категориям.

### Две категории стандартных функций Excel

Читателю, всерьез взявшемуся за освоение безграничных возможностей Excel, необходимо учитывать одну важную особенность. Хотя применительно к функциям, доступным пользователю сразу же после инсталляции Excel на персональный компьютер, традиционно используется термин «встроенные» функции (этот термин позволяет отличить стандартные функции от внешних пользовательских функций, разработанных с помощью встроенного языка программирования), на самом деле все эти функции можно разделить на две группы:

- функции, являющиеся неотъемлемой частью Excel, — если Excel установлен на компьютер, то эти функции гарантированно доступны;
- функции, находящиеся во внешних модулях — так называемых **надстройках (Add-Ins)**.

Несмотря на то что эти надстройки входят в стандартный (дистрибутивный) комплект Excel (или Microsoft Office), для того чтобы находящиеся в надстройках функции стали доступны для использования, необходимо, во-первых, установить надстройки на компьютер в процессе инсталляции, во-вторых, указать эти надстройки как «подключенные».

Все необходимые сведения об этих процедурах можно почерпнуть из встроенной справки Excel или из дополнительной литературы. Использование функций, находящихся в надстройках, ничем не отличается от использования прочих функций. В справке Excel все дополнительные функции описаны с примерами использования.

Например, инженеру или техническому специалисту могут потребоваться многочисленные инженерные функции, помещенные в надстройку **Пакет анализа (Analysis ToolPak)**.

## Встроенный язык программирования

В книге достаточное внимание уделяется вопросам разработки эффективных расчетных решений любого уровня сложности без какого-либо программирования — с помощью формул, использующих разнообразные встроенные функции Excel. Многие квалифицированные пользователи Excel разрабатывают подобные решения, ничего не зная о Visual Basic for Application. Тем не менее достичь максимальной эффективности разработки в короткие сроки красивых, простых в использовании, многофункциональных решений можно именно с помощью VBA.

Освоение VBA является далеко не такой сложной задачей, как может показаться на первый взгляд начинающему (или даже опытному) пользователю, незнакомому с основами программирования. Специалистам компании Microsoft удалось достичь очень важной цели — освоение VBA может идти поэтапно, в соответствии с совершенствованием разрабатываемого решения и повышением профессионального уровня пользователя-разработчика. Решение некоторой задачи может быть вначале запрограммировано самым простым способом — с помощью мыши и макрорекордера. Затем автоматически полученный код может быть переработан вручную для решения элементарных задач, например для повышения быстродействия. Следующим шагом может быть дальнейшее совершенствование VBA-программы для расширения функциональности, например для организации диалога с пользователем.

В главах 1 и 2 приведены общие сведения о VBA, рассматриваются простейшие примеры, необходимые для начала работы с VBA, сравниваются две технологии разработки расчетных решений в среде Excel — с использованием VBA и без.

### Что такое VBA

VBA — великолепное сочетание одного из самых простых языков программирования BASIC со специальным механизмом, позволяющим программам, написанным на этом языке, обращаться к объектам всех основных приложений Microsoft Office — Excel, Word, Power Point, Access и прочим.

Утверждения (которые можно встретить все реже и реже) о том, что VBA является простым языком записи макросов, не имеют ничего общего с реальностью. Сравнение VBA с имеющимися в некоторых текстовых редакторах и электронных таблицах убогими средствами записи клавиатурных последовательностей является совершенно некорректным.

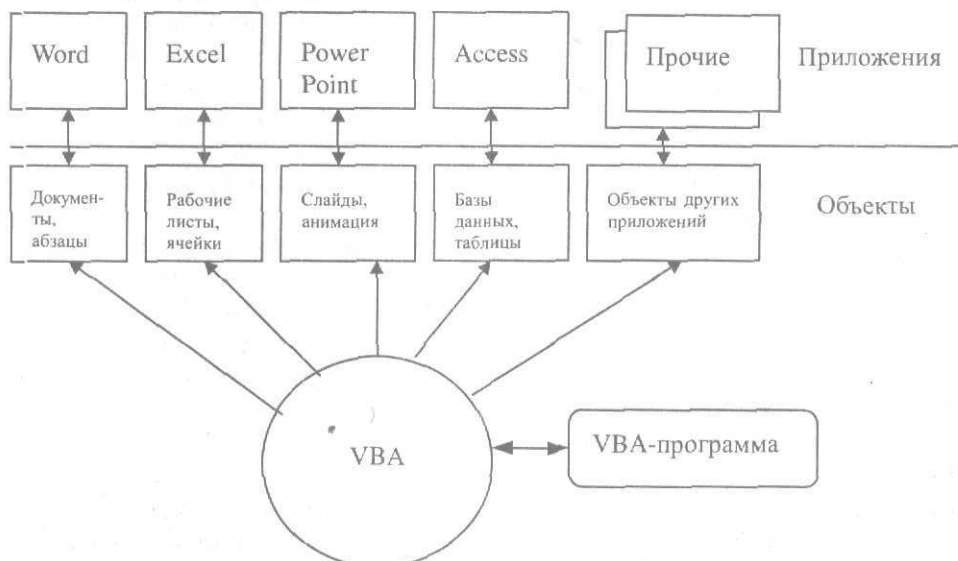
VBA — мощное средство разработки настоящих полнофункциональных программ, работающих в среде приложений Microsoft Office.

VBA поддерживает важнейшие современные концепции разработки программных систем — объектно-ориентированное и событийно-управляемое программирование, а также важнейшие технологии — поддержку элементов управления на базе ActiveX, интеграцию с базами данных, системами электронной почты и Интернетом.

VBA содержит все средства, характерные для современных средств разработки программного обеспечения: интегрированную среду разработки, конструктор форм, мощный отладчик, не уступающий по возможностям отладчикам некоторых современных компиляторов.

### Как VBA взаимодействует с приложениями Microsoft Office

Условно принцип взаимодействия VBA с приложениями Microsoft Office можно представить с помощью следующей схемы.



#### ЗАМЕЧАНИЕ

Возможно, полезным для понимания основных VBA-концепций будет следующая очень интересная аналогия. Любая программа, независимо от языка и средства разработки, предназначена для функционирования в среде конкретных операционных систем (например, приложения Microsoft Office 97/2000 предназначены для работы в среде операционных систем Windows 95/98/2000, Windows NT 4.0). Для VBA-программ «операционной системой» условно является среда приложений Microsoft Office.

Каждое приложение имеет свой набор объектов, причем в некоторых, наиболее сложных приложениях, объектов может быть очень много — больше сотни. Соответственно общее количество свойств и методов может приближаться к 1000.

Пользователю, решившему заняться VBA-программированием, не следует пугаться этого — структура объектов продумана очень тщательно и полностью отражает функционал и интерфейс, с которыми человек имеет дело при обычной повседневной работе с приложением. Например, в структуре объектов Excel, конечно, есть объекты WorkBooks (рабочие книги), WorkSheets (рабочие листы), Cells (ячейки) и прочие. У объектов есть хорошо знакомые пользователю свойства. Например, у конкретного объекта Worksheet есть свойство Name (имя рабочего листа), его значением является название, «написанное» на ярлычке рабочего листа (по умолчанию — Лист1, Лист2, ... Sheet1, Sheet2...).

### Общие и «индивидуальные» объекты

Среди объектов, предоставляемых приложениями Microsoft Office, есть объекты, общие для всех приложений. Очевидно, что в первую очередь это объекты, связанные с интерфейсом, — меню, панели инструментов. Абсолютно идентично (за небольшими исключениями, имеющимися в Access) организованы объекты диалоговых окон, которые разрабатывает пользователь, — сами окна и все интерфейсные элементы, кнопки, раскрывающиеся списки и прочие (объекты библиотеки, называемой Microsoft Forms). Важным общим объектом является Office Assistant (Помощник — юмористический персонаж, предлагающий подсказки, советы, задающий вопросы).

Вместе с тем каждое приложение имеет набор своих индивидуальных, присущих только ему, объектов. VBA-программа, разработанная в Excel и предназначенная, например, для работы с ячейками рабочих листов, не может быть выполнена в среде Word, потому что Word «не знает», что такое рабочий лист или ячейка. Точно так же в среде Excel не будет работать Word-VBA-программа, работающая с Word-объектами: страницами, оглавлением, абзацами и прочими. Ни в Word, ни в Excel не будет работать программа, разработанная в Power Point и использующая слайды и эффекты презентаций.

### ЗАМЕЧАНИЕ

Тем не менее из VBA-программы, выполняемой в среде Excel, можно (легко и просто) управлять Word и объектами Word, и наоборот. Однако здесь речь идет именно о «прямом» выполнении VBA-программы, разработанной специально для работы в конкретном приложении MS Office, в другом приложении.

С другой стороны, VBA имеет массу средств, обеспечивающих эффективную работу независимо от среды, в которой исполняется VBA-программа. Допустим, необходима VBA-программа, интенсивно работающая со строками (преобразование строк, слияние строк, выделение фрагментов). Собственно VBA имеет достаточно функций для работы со строками, конечно, не таких мощных, как встроенные текстовые функции Excel. Вследствие этого, если программа будет использовать только языковые возможности VBA и не будет обращаться к специальным средствам Excel, эта программа, скорее всего, будет успешно работать и в среде Word, Power Point.

### Общие сведения о языке VBA

В этом разделе представлены базовые сведения о синтаксических конструкциях VBA, типах данных, правилах объявления и использования переменных. Содержание раздела не «привязано» к какому-либо приложению Microsoft Office (Excel, Word...) — представленные здесь характеристики языка не зависят от среды его использования.

Сведения этого раздела вполне достаточны не только для начального, но и для «полупрофессионального» программирования. Аспекты и компоненты профессиональной разработки лишь перечислены в соответствующем подразделе.

### Простые типы данных

VBA содержит все привычные (имеющиеся в любом современном языке программирования) встроенные простые типы данных: логические, арифметические и строковые (табл. 1.1).

Таблица 1.1. Простые типы данных VBA

Имя типа	Возможные значения	Требуемая память
Boolean	True, False	2 байта
Byte	0...255	1 байт
Integer	-32768 ... +32767	2 байта
Long	Примерно: -2000000000...+2000000000	4 байта
Decimal	Примерно 30 десятичных цифр. Можно	12 байтов
Single	3,4E38 ... -1,4 E-45 для отрицательных значений 1,4E-45 ... 3,4E38 для положительных значений	4 байта
Double	-1,7E308 ... -4,9E-324 для отрицательных значений 4,9E-324 ..1.7E308 для положительных значений	8 байтов
Currency	Десятичные числа с фиксированной позицией запятой. Допускается 15 цифр до запятой и 4 после	8 байтов
String	Есть два вида строк Строки фиксированной длины имеют до $2^{16}$ символов. Строки переменной длины имеют до $2^{31}$ символов	10 байтов + 1 байт на символ в обычной кодировке или +2 байта на символ в кодировке Unicode
Date	Даты изменяются в диапазоне от 1 января 100 г. до 31 декабря 9999 г.	8 байтов
Object	Ссылка на объект (указатель)	4 байта
Variant	Универсальный тип, значением которого могут быть данные любого из перечисленных выше типов, объекты, значения NULL и значения ошибок	Зависит от текущего содержания, но не менее 16 байтов

### Уточнения по некоторым типам

Переменные типа **Decimal** нельзя объявлять так, как переменные других типов, например оператором **Dim**. Этот тип является одним из вариантов типа **Variant** и для его задания используется функция **CDec**.

Тип **Currency** используется при денежных расчетах.



Универсальный тип **Variant** превращает язык в **бестиповый** — все переменные могут быть одного типа. Это представляется удобным (не приходится задумываться о типизации переменных), а в некоторых случаях оказывается полезным, однако может привести к трудно обнаруживаемым ошибкам (кроме этого, неэффективно используется память, особенно в случае использования массивов, элементы которых имеют тип **Variant**).

VBA подталкивает разработчиков к чрезмерному использованию этого типа, так как позволяет, объявляя переменную, не указывать ее тип, и тогда по умолчанию он устанавливается как **Variant**.

Принципы «правильного» программирования рекомендуют всегда объявлять тип переменной, например **Byte**, если известно, что возможные значения не выйдут из допустимого для этого типа диапазона.

Переменные типа **Variant** могут получать значения любого типа в зависимости от контекста. Кроме того, они могут принимать и некоторые специальные значения:

- **Empty** — переменная не была инициализирована;
- **Null** — данные ошибочны;
- **Error** — значение содержит код ошибки, который может быть использован для ее обработки в программе;
- **Nothing** — переменная типа **Object** ни на что не ссылается: связь между ней и конкретным объектом прервана или не установлена.

#### ЗАМЕЧАНИЕ

VBA позволяет использовать определяемые программистом сложные (структурированные) типы данных: записи и классы (объекты). Эти типы данных являются элементами профессионального программирования, поэтому здесь не рассматриваются.

#### Объявление переменных и констант простых типов

Долгая и насыщенная история языка Visual Basic (от бестипового языка с примитивным способом объявления переменных к структурированному языку с хорошо определенными типами данных и структурами управления) обусловила наличие в нем устаревших механизмов и синтаксических конструкций (это вызвано необходимостью обеспечения выполнения и поддержки большого количества программ, написанных сотнями тысяч программистов за последние 10–15 лет).

Вследствие этого, в частности, Visual Basic одновременно поддерживает разные по сути способы определения данных. Например, переменную можно объявлять или не объявлять, и тогда тип ей будет присвоен по умолчанию, или по первой букве имени, или по специальному символу объявления типа, которым может заканчиваться имя. Явно объявить переменную можно как в начале блока, так и в том произвольном месте, где возникла необходимость использовать новую переменную.

Соображения повышения надежности программ рекомендуют использовать методику, при которой все переменные объявляются явно и, как правило, в начале

блока. Включение в начало модуля оператора Option Explicit (Опция «Явно») автоматически/принудительно заставляет программиста использовать эту методику (предварительное объявление переменных становится обязательным).

При объявлении переменной определяется ее тип и область видимости — область, где имя переменной видимо и, значит, возможен доступ к ее значению. Важно понимать, что переменные можно объявлять на двух уровнях — *уровне процедуры* и *уровне модуля*. Для объявления переменных используются операторы **Dim**, **Public**, **Private** и **Static**. Первый можно использовать на *j* обоих уровнях, **Public** и **Private** — на уровне модуля, **Static** — только на уровне процедуры.

Переменные, объявленные на уровне процедуры, называются локальными по отношению к данной процедуре. Их областью видимости является только та процедура, в которой они объявлены. Локальные переменные можно объявлять в любом месте процедуры, но до выполняемых операторов, использующих эти переменные.

Переменные уровня модуля являются глобальными. Они объявляются в разделе **Declarations**, который есть у каждого модуля. Область видимости глобальных переменных может распространяться:

- на все процедуры одного модуля, в котором они объявлены; такие глобальные переменные, называемые закрытыми (**Private**), должны быть объявлены на уровне модуля либо оператором **Private** либо оператором **Dim**;
- на все приложение — все процедуры всех модулей данного приложения, такие глобальные переменные, называемые открытыми, должны быть объявлены оператором **Public**.

Локальные переменные уровня процедуры могут быть объявлены оператором **Static**, что делает их **статическими**.

Для локальных переменных, объявленных таким образом, изменяется механизм хранения их (переменных) в оперативной памяти и время существования соответствует времени с момента первого запуска процедуры/функции, в которой определена статическая переменная, до окончания работы программы. Обычные локальные переменные создаются и инициализируются (им присваивается значение) в «своей» процедуре/функции, видимы только в ней и удаляются при завершении этой процедуры/функции (память под переменные отводится при входе в процедуру/функцию, а при выходе она освобождается). Область видимости статической переменной такая же: процедура/функция, в которой эта переменная объявлена, но время существования иное, так как статическая переменная не удаляется из памяти при завершении процедуры/функции, просто переменная становится временно недоступной. Поэтому при повторном вызове процедуры/функции статические переменные восстанавливают те значения, которые они имели при завершении работы процедуры/функции при предыдущем вызове. Статические переменные — это хранители информации между многократными вызовами одной и той же процедуры/функции. Чтобы статические переменные имели смысл, необходима первоначальная инициализация переменных — они должны иметь хоть какие-то значения уже при первом вхождении в процедуру/функцию. Вот как VBA инициализирует переменные в момент их объявления:

- 0 — для числовых значений;
- пустая строка («») — для строк переменной длины;

- строка, содержащая нули, — для строк фиксированной длины;
- Empty (значение, указывающее на отсутствие инициализации) — для статических переменных типа **Variant**;
- для массивов каждый элемент инициализируется в соответствии с указанными правилами.

Объявление простых переменных имеет следующий *синтаксис*:

```
{Dim | Private | Public | Static }<имя переменной> [ As <имя типа>]
[, <имя переменной> [ As <имя типа>]]
```

- вначале идет имя оператора, а потом список объявлений переменных, где роль разделителя играет запятая. Объявление связывает имя переменной с ее типом, заданным конструкцией **As**. Когда она опущена, переменная получает тип **Variant**. Одним оператором **Dim** можно объявить произвольное число переменных, но конструкция **As** должна быть указана для каждой из них, иначе переменным без **As** будет присвоен тип **Variant**.

### Константы

Кроме переменных необходимы и константы. Для каждого простого типа могут быть определены соответствующие ему константы.

В VBA можно объявлять именованные константы, задавая в момент объявления значение константы и, возможно, ее тип. Вообще объявление константы во многом напоминает объявление переменной. Однако в этот момент задается значение, которое уже нельзя изменить. Рассмотрим *синтаксис* оператора Const, используемого для объявления именованных констант:

```
[Public | Private] Const <имя константы> [As type] = <константное выражение>
```

Вот пример определения классической константы:

```
Public Const pi As Double = 3.141593
```

Как и переменные, именованные константы можно объявлять на уровне процедуры или модуля. В первом случае используется только ключевое слово **Const**, во втором — дополнительно можно задать **Public** или **Private**, позволяющие объявить константу общей для всех модулей или закрытой. По умолчанию глобальные константы имеют статус **Private**. Для локальных констант, объявленных в процедурах/функциях, областью видимости является процедура/функция. Если не определить тип константы, он будет восстановлен по значению константного выражения.

Важной категорией констант являются так называемые встроенные константы. В VBA и приложениях Microsoft Office определено огромное количество таких констант. Есть, например, встроенные константы, связанные с тем или иным приложением, например Excel или Word. Обычно они имеют соответствующий префикс (xl, wd и т. д.). Имеются и встроенные константы самого VBA. Они позволяют указывать тип календаря, дни недели, цвет, клавиши и могут применяться в различных ситуациях, например при работе с окном сообщений. Большинство таких констант начинается с префикса vb, например:

```
vbWhite, vbSunday, vbKeyEscape, vbOKOnly.
```

## Массивы

Простейший и самый распространенный структурный тип — массив — упорядоченная совокупность данных одного типа. В VBA массивы могут быть одномерными и многомерными. Возможное число измерений массива очень велико — 60.

К массивам относится все, изложенное в предыдущих разделах о глобальных и локальных переменных, общих и закрытых, двух уровней объявления. Единственное дополнение связано с необходимостью указания размерности массива и границ изменения индексов. Поэтому синтаксис объявления массивов предусматривает указание после имени переменной, в круглых скобках, списка размерностей массива:

```
{Dim | Private | Public | Static }<имя переменной> (<список
размерностей>) [ As <имя типа>]
```

Синтаксически каждое измерение в списке отделяется запятой и определяется заданием нижней и верхней границы изменения индексов. Традиционно в языке Basic нижняя граница была фиксирована и равна 0. Затем была определена специальная опция Option Base, позволяющая устанавливать эту границу равной 1 или 0.

---

### ЗАМЕЧАНИЕ

С определением границ размерностей массива связан еще ряд тонкостей, которые желательно изучить дополнительно, если VBA-разработчик собирается интенсивно применять массивы и операции над ними.

---

## Операторы

### Операторы и строки

VBA — операторный язык, поэтому его программы (модули) представляют последовательности операторов.

Перечень операторов VBA весьма обширен.

Ранее была рассмотрена группа операторов VBA, предназначенных для описания объектов, с которыми работает программа (типов, переменных, констант, объектов приложений).

Операторы другой группы обеспечивают присвоение и изменение значений этих объектов, операторы третьей группы управляют ходом вычислений, четвертой — работой с каталогами и файлами и т. д.

Среди операторов значительная часть осталась от предыдущих реализаций (нонаций) языка, без этих «рудиментарных» операторов вполне можно обойтись при написании новых программ (эти операторы не используются и не рассматриваются в книге).

В VBA (как и в предыдущих версиях Basic) символом разделения двух операторов в одной строке служит двоеточие, но некоторые операторы (If ....Then ....Else и др.) могут стоять лишь на первом месте в строке.

Для упрощения чтения, отладки и модификации программы удобней каждый оператор располагать в отдельной строке. При этом символ-разделитель не требуется, и последовательность исполнения операторов задается их упорядочением сверху вниз в тексте модуля.

Если оператор не помещается в одной строке, его можно продолжить в одной или нескольких следующих строках. Для продолжения оператора на следующей строке используется пара символов пробел–подчеркивание «\_».

Перед оператором в строке может быть указана метка: последовательность символов, начинающаяся с буквы и кончающаяся двоеточием «:». Метки можно размещать и в отдельных строках перед теми операторами, которые они должны идентифицировать. Они нужны для операторов перехода GoTo, использование которых считается несоответствующим требованиям качественного структурного программирования. Однако в некоторых случаях метки и переходы на них совершенно необходимы, например для указания входов в обработчики ошибок в некоторых процедурах.

#### Оператор комментария

Комментарии не влияют на исполнение программы. Они необходимы для подробного комментирования исходных текстов программ.

Оператором комментария является одинарная кавычка «'».

Комментарий может располагаться в конце строки или на отдельной строке:

```
MsgBox «Внимание! Ошибка» 'сообщение об ошибке
```

```
MsgBox «Процесс завершен»
```

```
    'сообщение о завершении работы
```

#### Управляющие операторы

Набор управляющих операторов включает условный оператор, оператор выбора, различные операторы задания циклов, операторы вызовов процедур и перехода по метке.

#### Условный оператор If...Then...Else...End If.

Это общепринятый в языках программирования оператор управления вычислениями позволяет выбирать и выполнять действия в зависимости от истинности некоторого условия.

Имеется два варианта синтаксиса: в одну строку и в форме блока.

В первом случае он имеет вид:

```
If условие Then [операторы1] [Else операторы2 ]
```

Во втором случае оператор расположен на нескольких строках:

```
If условие Then
[операторы]
[Elseif условие-п Then
[операторы-п]...
[Else
[ИначеОператоры]]
End If
```

Здесь *условие* обязательно в обоих вариантах. Оно может быть числовым или строковым выражением со значениями True или False (Null трактуется как False).

*Операторы1* и *операторы2* — это последовательности из одного или нескольких операторов. По крайней мере одна из этих последовательностей должна быть непустой. Если *условие* истинно (True), выполняется последовательность *операторы1*, если ложно (False) — *операторы2*.

**Пример.**

Условный оператор в виде одной строки:

```
If A > 10 Then A=A+1 : B=B+A: C=C+B Else C= A*B: A=C+2
```

Тот же условный оператор в виде блока:

```
If A > 10 Then
A=A+1:B=B+A
C = C + B
Else
C= A*B: A=C+2
End If
```

### Оператор выбора Select Case

В зависимости от значения выражения выбирает и исполняет одну из последовательностей операторов.

*Синтаксис:*

```
Select Case Выражение-тест
[Case СписокВыражений-n
[операторы-n]]
[Case Else
[ИначеОператоры]]
End Select
```

*Выражение-тест* должно присутствовать обязательно. Оно может быть произвольным выражением с числовым или строковым значением. *СписокВыражений-n* должен присутствовать в строке, начинающейся ключевым словом **Case** (Случай). Выражения в этом списке отделяются запятыми и могут иметь одну из форм: *выражение*, *выражение-нижняя-граница* To *выражение-верхняя-граница*, *Is оператор сравнения-выражение*. Первая форма задает отдельные значения, вторая и третья позволяют задавать сразу целые диапазоны (области) значений.

### Цикл For-Next

Позволяет повторять группу операторов заданное число раз.

*Синтаксис:*

```
For счетчик_цикла = начало To конец [Step шаг]
тело цикла
Next [счетчик_цикла]
```

Здесь `счетчик_цикла` — это числовая переменная. В начале выполнения цикла она принимает значение, задаваемое числовым выражением *начало*.

Числовое выражение *конец* задает заключительное значение счетчика цикла. Оно вычисляется в начале выполнения цикла и не меняется, даже если входящие в него переменные изменяют в теле цикла свои значения.

Числовое выражение *шаг* необязательно. Его значение также вычисляется в начале цикла и прибавляется к счетчику цикла всякий раз, когда завершается выполнение тела цикла и вычисление достигает строки `Next [счетчик_цикла]`. Если шаг цикла явно не указан, по умолчанию он равен 1. *Тело цикла* — это последовательность операторов, которая будет выполнена заданное число раз. При каком значении переменной *счетчик\_цикла* происходит завершение цикла, зависит от знака параметра *шаг*. Если *шаг* положителен, цикл завершится, когда впервые выполнится условие:

```
счетчик_цикла > конец
```

Если *шаг* цикла отрицателен, условие его завершения:

```
счетчик_цикла < конец
```

Это условие проверяется перед началом выполнения цикла, а затем — после каждого прибавления шага к счетчику цикла в операторе `Next`. Если оно выполнено, управление передается на оператор, следующий за `Next`, если нет — выполняются операторы из тела цикла. Завершить цикл `For . . . Next` можно и с помощью оператора `Exit For`. Такие операторы могут быть расположены в тех местах тела цикла, где требуется из него выйти, не дожидаясь выполнения условия завершения.

#### **Пример.**

```
For i = 1 To 5
Debug.Print i
Next
```

При выполнении этого оператора в окне отладки будут выведены 5 строк со значениями счетчика цикла:

```
1
2
3
4
5
```

### **Цикл Do-loop**

Повторяет блок операторов, пока заданное условие является истинным или пока оно не станет истинным.

#### **Синтаксис:**

Имеется четыре варианта синтаксиса этого цикла.

В первых двух вариантах условие проверяется в начале цикла:

```
Do [{While | Until} условие]
тело цикла
Loop
```

В других двух вариантах условие проверяется в конце цикла:

Do

тело цикла

Loop [{While | Until} условие]

Здесь *условие* является числовым или строковым выражением со значениями True или False. Вообще оно необязательно. Значение Null условия трактуется как False. *Тело цикла* — это последовательность операторов, которая выполняется, пока условие остается истинным, если указано ключевое слово While или пока оно остается ложным — в вариантах цикла с ключевым словом Until.

Поэтому циклы вида While *условие* эквивалентны циклам вида Until Not *условие*.

В *тело цикла* может входить оператор Exit Do, выполнение которого сразу прекращает цикл и передает управление на оператор, непосредственно следующий за Loop. В случае нескольких вложенных циклов Do ... Loop оператор Exit Do завершает только самый внутренний цикл, в теле которого он расположен.

### Цикл While...Wend

Повторяет выполнение последовательности операторов, пока заданное условие не станет ложным.

*Синтаксис:*

While условие тело цикла Wend

Здесь *условие* и *тело цикла* такие же, как и для цикла Do... Loop, однако для этого оператора цикла не предусмотрен оператор выхода Exit...Вследствие этого цикл While...Wend следует рассматривать как частный случай цикла Do...Loop, определенный в языке для совместимости с предыдущими версиями.

### Цикл For Each-Next

Этот цикл повторяет заданную последовательность операторов для каждого элемента массива или набора.

*Синтаксис:*

For Each элемент In группа

тело цикла

Next [элемент]

Здесь *элемент* — переменная, которая пробегает в качестве значений элементы набора или массива. Для наборов *элемент* может быть переменной типа Variant, переменной типа Object или переменной для некоторого класса объектов. В случае цикла по массиву *элемент* обязан быть переменной типа Variant. *Группа* — это имя набора объектов (чаще всего это коллекция объектов) или массива, для элементов которых выполняется цикл. *Тело цикла* — последовательность операторов, выполняемая для каждого элемента набора или массива, — может содержать операторы Exit For, позволяющие прервать выполнение цикла и передать управление на оператор, следующий за Next (обычно такой выход происходит при выполне-



нии некоторого условия, проверяемого в операторе If...Then...Else). Указывать переменную *элемент* после ключевого слова Next не обязательно, но желательно — для улучшения читаемости текста программы.

#### **Пример.**

```
For Each ТекущийЛист In ThisWorkbook.Worksheets
If ТекущийЛист.Name = «Лист16» Then
Exit For "если имя очередного листа «Лист16», то цикл завершается
End If
Debug.Print ТекущийЛист.Name "вывод в окно отладки
Next
```

В этом примере цикл будет «пробегать» по всем листам текущей рабочей книги Excel и в окне отладки выводить их имена до тех пор, пока не встретится рабочий лист с именем «Лист16». Если в рабочей книге нет листа с таким именем, то в окне отладки будут выведены имена всех рабочих листов.

#### **ЗАМЕЧАНИЕ**

Кроме рассмотренных управляющих операторов и операторов циклов, VBA содержит «рудиментарные» операторы перехода по метке GoTo, перехода по метке с возвратом GoSub... Return и условные операторы перехода по меткам On...GoSub и On...GoTo. Все они необходимы только для совместимости с предыдущими версиями, их использование при разработке новых программ категорически не рекомендуется.

#### **Работа с каталогами, папками и файлами**

Операторы этой группы позволяют перемещать текущий каталог (папку) по дискам системы, создавать новые и удалять каталоги (папки); изменять атрибуты файлов.

#### **Копирование файлов: оператор FileCopy**

##### *Синтаксис:*

```
FileCopy файл-источник, файл-результат
```

Параметр *файл-источник* — строковое выражение, задающее имя копируемого файла, *файл-результат* — строковое выражение, которое определяет имя результирующего файла. Оба имени могут включать имена дисков, каталогов или папок. Открытый в данный момент файл копировать нельзя.

#### **Удаление файлов: оператор Kill**

##### *Синтаксис:*

```
Kill файл
```

Параметр *файл* — строковое выражение, задающее имя удаляемого файла. Он может включать имя диска и путь по каталогам или папкам. Удаление нескольких

файлов обеспечивается указанием в образце имени файла символа "\*" для обозначения произвольной последовательности букв и "?" — для обозначения одного символа. Нельзя удалять открытый в данный момент файл.

**Пример.**

Допустим, в текущем каталоге находятся файлы MainFile.DOC, MainFile.PPT MainFile.XLS. В этом случае оператор kill «PROG.\*» удалит эти файлы с диска.

**Несколько полезных операторов**

**Операции с одним объектом. Оператор With**

Если в одном блоке программы предстоит выполнить несколько операций с одним объектом, это можно указать явно оператором With, а затем не повторять имя этого объекта при обращении к его свойствам, методам и «подобъектам».

*Синтаксис:*

With объект [операторы] End With

Если с помощью макрорекордера (использование макрорекордера описано далее в соответствующем разделе) записать действия, связанные с вызовом диалогового окна **Параметры страницы** (*Page Setup*), то независимо от того, какие параметры и на каких вкладках были изменены, при нажатии кнопки **ОК** макрорекордер запишет примерно такой оператор:

```
With ActiveSheet.PageSetup
.LeftHeader = «»
.CenterHeader = «»
.RightHeader = «»
.LeftFooter = «»
.CenterFooter = «»
.RightFooter = «»
.LeftMargin = Application.InchesToPoints(0.787401575)
.RightMargin = Application.InchesToPoints(0.787401575)
.TopMargin = Application.InchesToPoints(0.984251969)
.BottomMargin = Application.InchesToPoints(0.984251969)
.HeaderMargin = Application.InchesToPoints(0.5)
.FooterMargin = Application.InchesToPoints(0.5)
.PrintHeadings = False
.PrintGridlines = False
.PrintComments = xlPrintNoComments
.PrintQuality = 600
.CenterHorizontally = False
.CenterVertically = False
```

```
.Orientation = xlPortrait  
.Draft = False  
.PaperSize = xlPaperA4  
.FirstPageNumber = xlAutomatic  
.Order = xlDownThenOver  
.BlackAndWhite = False  
.Zoom = 100  
End With
```

Этот фрагмент выглядел бы гораздо сложнее, если бы в начале каждой строки перед точкой использовалась бы полная ссылка `ActiveSheet.PageSetup`.

### **Звуковой сигнал: оператор `Beep`**

Подает звуковой сигнал через динамик компьютера.

*Синтаксис:*

`Beep`

Частота и громкость звука зависят от оборудования и могут быть разными на разных компьютерах. Обычно звуковой сигнал используется как реакция на какие-либо ошибки или исключительные ситуации, возникающие при выполнении программы.

### **Установка системной даты: оператор `Date`**

*Синтаксис:*

`Date = дата`

Интервал, в котором должен находиться параметр *дата*; зависит от операционной системы. Для Windows 95 — это интервал от 1 января 1980 г. до 31 декабря 2099 г., для Windows NT дата должна находиться в пределах от 1 января 1980 г. до 31 декабря 2079 г.

*Пример.*

```
Dim MyDate
```

```
MyDate = February 12, 1985
```

“Присваивает дату; здесь дата указана в американском формате

```
Date = MyDate    “ Изменяет системную дату
```

### **Установка системного времени: оператор `Time`**

*Синтаксис:*

`Time = время`

Параметр *время* — любое числовое выражение, строковое выражение или их комбинация, которые могут представлять время.

**Пример.**

```
Dim NewTime
NewTime = 8:15:47 PM " Присвоение времени.
Time = NewTime " Установка нового системного времени
```

**Обработка ошибок. Операторы On Error, Resume. Объект Err**

Ошибки в разрабатываемых программах неизбежны.

С ошибками структурного характера, связанными с неправильной формулировкой задачи, неверным распределением компонентов программы и неверной реализацией алгоритмов, можно бороться только повышая свой профессиональный уровень и осваивая более эффективные технологии программирования. Такие ошибки зачастую не выражаются в сбоях программы и получении очевидно неверных результатов. Иногда тот факт, что программа «правильно» делает что-то не то, выясняется после достаточно длительного периода эксплуатации.

Для устранения ошибок «технического» характера, выражающихся в очевидных сбоях и некорректной работе программы, предназначены операторы, представленные в этом разделе.

В VBA обработка ошибок сосредоточена на уровне процедуры/функции.

При отсутствии в процедуре/функции собственного обработчика ошибок, то при возникновении ошибки VBA прервет выполнение программы и выведет сообщение о ней.

В этой ситуации продолжить выполнение программы невозможно — VBA-приложение необходимо запускать заново.

Следовательно, существует насущная необходимость обработки ошибок без аварийного останова программы. Для этого в VBA имеется оператор On Error, передающий управление блоку обработки ошибок. В этом блоке с помощью свойств объекта Err можно получить информацию об ошибке и предпринять действия, необходимые для устранения ее влияния на ход работы программы. Затем с помощью оператора Resume можно указать точку программы, с которой следует возобновить ее исполнение.

**Оператор On Error**

Оператор On Error служит для передачи управления на подпрограмму обработки ошибок. Использовать этот оператор для подключения обработчика ошибок нужно перед первым оператором процедуры, который может привести к возникновению ошибки. Имеется три варианта синтаксиса этого оператора:

```
On Error GoTo строка
On Error Resume Next
On Error GoTo 0
```

В первом — обязательный аргумент *строка* является либо меткой строки, либо номером строки процедуры. Если происходит ошибка выполнения, управление передается на указанную строку и запускается обработчик ошибок, начинающийся в этой строке.

Второй вариант означает, что операторы процедуры, приводящие к возникновению ошибок, должны игнорироваться и управление должно передаваться оператору, следующему за оператором, при выполнении которого возникла ошибка. Работа программы при этом не прерывается. Этот подход позволяет избежать аварийных остановок, но не позволяет сделать работу программы безошибочной — ведь если некоторый оператор процедуры приведет к ошибке и не выполнится, дальнейший ход программы станет непредсказуем.

Вызов оператора `On Error GoTo 0` отключает действие предыдущего оператора `On Error GoTo`. В этом операторе `0` не рассматривается как номер строки, даже если строка с номером `0` существует. Выполнение оператора `On Error GoTo 0` приводит также к «чистке» свойств объекта `Err` аналогично методу `Clear` этого объекта. Если оператора `On Error GoTo 0` в процедуре нет, обработка ошибок отключается автоматически при завершении ее выполнения. Основное применение этот оператор находит в сложных процедурах, разные части которых требуют различных обработчиков ошибок. В них, прежде чем объявить новый обработчик ошибок, нужно отключить текущий оператором `On Error GoTo 0`.

### Оператор `Resume`

Оператор `Resume` завершает обработку ошибки и передает управление обратно в процедуру. У него также три варианта *синтаксиса*:

`Resume [0]`

`Resume Next`

`Resume строка`

В первом случае выполнение программы продолжается с повторного выполнения оператора, вызвавшего ошибку, если она произошла в той же процедуре, где обрабатывалась. Если же ошибка произошла в вызванной процедуре, выполнение продолжится с оператора, из которого сделан вызов ошибочной процедуры. Вариант `Resume` (или `Resume 0`) естественно использовать, когда ошибка вызвана вводом неверных данных пользователем, а в обработчике ошибок у него запрашиваются новые правильные данные. Например, если в основной процедуре пользователь ввел имя несуществующего файла, в обработчике можно запросить новое имя и продолжить выполнение с повторения оператора открытия файла.

В варианте `Resume Next` после обработки ошибки выполнение процедуры продолжается с оператора, следующего за ошибочным. Если ошибка возникла в вызванной процедуре, ошибочным считается вызвавший ее оператор. Используя этот вариант, необходимо полностью устранить последствия ошибки в обработчике ошибок, поскольку вызвавший ошибку оператор повторяться не будет.

В третьем варианте параметр *строка* задает метку строки или номер строки данной процедуры, на которую передается управление после обработки ошибки.

### Объект `Err`

Объект `Err`, содержащий информацию о последней ошибке выполнения, — новый объект VBA — он заменяет функцию `Err` предыдущих версий и оператор `ErrGo`

(они фактически сохранены, так что ранее разработанные программы можно не изменять).

Объект `Err` является внутренним объектом с глобальной областью определения, поэтому для его использования не нужен отдельный экземпляр этого объекта. Свойства объекта `Err` может задать генератор ошибок VBA, объект или программист в своей программе. Список свойств объекта `Err` и их значений приведен в таблице 1.2.

#### ЗАМЕЧАНИЕ

`Err` является объектом именно VBA, а не какого-либо приложения (Excel, Word....). «Глобальность» объекта `Err` очень важна для VBA-разработчиков, так как правила работы с ним не зависят от среды, в которой выполняется VBA-программа.

Таблица 1.2. Свойства объекта `Err`

Свойство	Значение
Number	Номер (код) ошибки. Это свойство по умолчанию
Source	Строковое выражение, представляющее объект, в котором возникла ошибка. При ошибках в стандартном модуле оно содержит имя проекта. При ошибках в модуле класса свойство <code>Source</code> получает имя вида <i>проект.класс</i>
Description	Строка с описанием ошибки, если такая строка для кода, указанного в <code>Number</code> , существует. В противном случае свойство <code>Description</code> содержит значение «Ошибка, определяемая приложением или объектом»
HelpFile	Полное имя (включая диск и путь) файла справки VBA
HelpContext	Контекстный идентификатор файла справки VBA, соответствующий ошибке с кодом, указанным в свойстве <code>Number</code>
LastDLLError	Содержит системный код ошибки для последнего вызова DLL. Значение свойства <code>LastDLLError</code> доступно только для чтения

У объекта `Err` два метода. Метод `Clear` очищает все значения свойств объекта `Err`:  
`Err.Clear`

Этот метод используется для явной очистки значений свойств объекта `Err` после завершения обработки ошибки. Автоматическая очистка свойств `Err` происходит также при выполнении операторов:

- оператора `Resume` любого вида;
- `Exit Sub`, `Exit Function`, `Exit Property`;
- оператора `On Error` любого вида.

Метод `Raise` генерирует ошибку выполнения и может служить как для возбуждения стандартных ошибок VBA, так и для создания собственных ошибок в модулях классов:

`Err.Raise number, source, description, helpfile, helpcontext`

Параметры этого вызова имеют тот же смысл, что и соответствующие свойства объекта `Err`. Обязателен лишь параметр `number`. Его значение имеет тип `Long`

и определяет код ошибки. Коды ошибок (как внутренних, так и определяемых пользователем) лежат в диапазоне 0–65 535. При этом коды от 0 до 1000 зарезервированы за VBA.

Перед вызовом метода Raise для инициирования собственной ошибки полезно предварительно очистить объект Err методом Clear.

### Встроенные функции VBA

Встроенные функции VBA образуют основу, позволяющую программисту не задумываться над реализацией некоторых часто встречающихся стандартных действий.

#### Функции проверки типов данных

К этой группе относится функция TypeName, которая по имени переменной возвращает значение типа String, представляющее ее тип. Вызов имеет вид:

TypeName (имяПеременной)

где параметр *имяПеременной* представляет выражение типа Variant, определяющее любую переменную, за исключением переменной с определяемым пользователем типом.

Строка, возвращаемая функцией TypeName, может быть любой из следующих: Byte, Integer, Long, Single, Double, Currency, Decimal, Date, String, Boolean, Error, Empty (если переменная не инициализирована), Null, Object, Unknown (тип неизвестен), Nothing (объектная переменная, не содержащая ссылки на объект).

Для проверки типа имеется также набор функций с булевыми значениями. Они применяются к переменным или выражениям (часто имеющим тип Variant) и определяют, имеют ли те заданный тип или значение. В таблице 1.3 перечислены функции этой группы и указаны определяемые ими типы.

Таблица 1.3. Функции проверки типов данных

Функция	Что проверяет
IsArray(переменная)	Является ли переменная массивом
IsDate(выражение)	Может ли значение выражения быть преобразовано в значение даты
IsEmpty(переменная)	Была ли инициализирована переменная (переменная может быть объявлена, но значение ей не присваивалось, следовательно, переменная пустая)
IsError(выражение)	Представляет ли выражение значение ошибки
IsNull(выражение)	Является ли результатом выражения пустое значение (Null)
IsNumeric(выражение)	Имеет ли выражение числовое значение. (Для выражений типа дата возвращает False)
IsObject(переменная)	Представляет ли переменная объектную переменную. Возвращает True, даже для переменной со значением Nothing

**Преобразование типов данных**

Для приведения данных к нужному типу в VBA включен обширный набор функций: CBool, CByte, CCur, CDate, CDbI, CDec, CInt, CLng, CSng, CStr, CVar, CVer, Fix, Int.

Все они имеют следующий *синтаксис*:

ИмяФункции (выражение)

Обязательный аргумент *выражение* является любым строковым или числовым выражением. В таблице 1.4 указаны типы возвращаемых значений и их диапазоны.

**Таблица 1.4.** Функции приведения к типу

Функция	Тип	Диапазон аргумента выражение
<b>CBool</b>	Boolean	Любая допустимая строка или числовое выражение. Например: CBool(0)= Cbool("00")= False, CBool(1) =CBool("6") = True
<b>CByte</b>	Byte	От 0 до 255
<b>CCur</b>	Currency	От -922337203685477,5808 до 922337203685477,5807. Например, Ccur("25,878755") = 25.8788, а CCur("25.878755") — ошибочный вызов, так как в строке отделять дробную часть должна запятая
<b>CDate</b>	Date	Любое допустимое выражение даты. Например, CDate(32444.5)= 28.10.88 12:00:00, CDate("17/08/1972") = 17.08.72, CDate("6:45:28PM")= 18:45:28
<b>CDbl</b>	Double	-4,94065645841247E-324 для отрицательных чисел; от 4,94065645841247E-324 до 1,79769313486232E308 для положительных чисел
<b>CDec</b>	Decimal	+/-7,9228162514264337593543950335. Минимальное ненулевое число 0,00000000000000000000000000000001
<b>CInt</b>	Integer	От -32 768 до 32 767 с округлением дробной части
<b>CLng</b>	Long	От -2 147 483 648 до 2 147 483 647 с округлением дробной части
<b>CSng</b>	Single	От -3.402823E38 до -1.401298E-45 для отрицательных чисел; от 1,401298E-45 до 3,402823E38 для положительных чисел
<b>CVar</b>	Variant	Диапазон значений Double для числовых значений. Диапазон значений String для нечисловых значений
<b>CStr</b>	String	Возвращаемые значения функции CStr зависят от аргумента <i>выражение</i> . Например, CStr(True) = "Истина", CStr(122.344) = "122.344", CStr(10/24/47) = "24.10.47"



Если переданное в функцию значение аргумента находится вне допустимого диапазона для соответствующего типа данных, возникает ошибка.

Если дробная часть числа равна 0,5, то функции CInt и CLng всегда округляют число до ближайшего четного числа. Например, CInt(0,5) = 0, а CInt(1,5) = 2.

Функции Fix и Int вычисляют целую часть числа (без округления). Они отличаются на отрицательных числах: Fix (-7.6) = -7, а Int(-7.6) = -8.

#### Функции преобразования данных

Функция Chr (*код символа*) преобразует код ANSI в строку, например Chr(65) = «А», Chr(62) = «>», Chr(225) = «б». Коды 0–31 соответствуют стандартным управляющим символам ASCII, например Chr(10) возвращает символ перевода строки.

Функция Asc (*строка*) осуществляет обратное преобразование. Она возвращает значение типа Integer, представляющее ASCII код символа для первого символа строки.

Функция DateSerial (*year, month, day*) вычисляет значение даты типа Variant (Date), соответствующее указанному году, месяцу и дню. Значение каждого аргумента должно лежать в соответствующем диапазоне: 100–9999 — для года, 1–31 — для дней и 1–12 — для месяцев. Можно также использовать для аргументов числовые выражения для описания относительной даты, например DateSerial(1997 – 25, 10 – 2, 18 – 1) = 17.08.72.

Функция DateValue (*строка-дата*) переводит аргумент-строку в дату. В отличие от функции CDate, функция DateValue правильно обрабатывает допустимые даты, содержащие полные или краткие названия месяцев. Например:

```
DateValue («19.04.1999») = DateValue («04.19.99») = _  
DateValue («19 апреля 1999») = DateValue («19-апр-99») = _  
DateValue («Апрель 19, 1999») = DateValue («19 апреля») = 19.04.99
```

Последнее равенство связано с тем, что при отсутствии года функция DateValue использует текущий год по системному календарю компьютера.

Функции Day (*дата*), Month (*дата*) и Year (*дата*) по аргументу-дате определяют номер дня, месяца и года.

Функция Weekday (*date, [FirstDayOfWeek]*) возвращает значение типа Variant (Integer), содержащее целое число, представляющее день недели. Второй аргумент задает первый день недели (по умолчанию — воскресенье, так принято в Англии и США). Значение 2 соответствует понедельнику.

Функции Hour (*время*), Minute (*время*) и Second (*время*) по аргументу — строке или числу, представляющему время, возвращают целое число, которое представляет соответственно часы, минуты и секунды в значении времени.

Функция TimeSerial (*hour, minute, second*) вычисляет результат Variant (Date), содержащий значение времени, соответствующее указанным часу, минуте и секунде.

Функция TimeValue (*время*) возвращает значение типа Variant (Date), содержащее время. Аргумент *время* обычно задается строковым выражением, представляющим время от 0:00:00 (12:00:00 А.М.) до 23:59:59 (11:59:59 Р.М.) включительно.

Функция Val (*строка*) возвращает числа, содержащиеся в строке. Она прекращает чтение строки на первом символе, который нельзя распознать в качестве части числа.

### Математические функции (табл. 1.5)

Таблица 1.5. Математические функции

Функция	Назначение
Abs(число)	Абсолютное значение числа
Atn(число)	Арктангенс (в радианах) аргумента, задающего тангенс угла
Cos(число)	Косинус угла. Аргумент <i>число</i> задает угол в радианах
Exp(число)	Экспонента, т. е. результат возведения числа <i>e</i> (основание натуральных логарифмов) в указанную степень
Log(число)	Натуральный логарифм числа
Rnd[(число)]	Случайное число. Если аргумент <i>число</i> не задан или больше нуля, то порождается очередное случайное число, если он равен 0, то результатом будет предыдущее случайное число, а если <i>число</i> меньше нуля, то всякий раз порождается одно и то же число, определяемое аргументом
Sgn(число)	Знак числа (если число: больше нуля = 1, равно нулю = 0, меньше нуля = -1)
Sin(число)	Синус угла. Аргумент <i>число</i> задает угол в радианах
Sqr(число)	Квадратный корень
Tan(число)	Тангенс угла. Аргумент <i>число</i> задает угол в радианах

#### Функции обработки строк

Функция `LCase` (*строка*), преобразует аргумент-строку к нижнему регистру, а функция `UCase` (*строка*) — к верхнему.

Например:

`LCase («Здравствуйте, Николай!»)` = «здравствуйте, николай!»

`UCase («Здравствуйте, Николай!»)` = «ЗДРАВСТВУЙТЕ, НИКОЛАЙ!»

Функция `StrComp` возвращает результат сравнения строк. Ее *синтаксис*:

`StrComp(string1, string2[, compare])`

Аргументы *string1* и *string2* — сравниваемые строки. Необязательный аргумент *compare* указывает способ сравнения строк: значение по умолчанию 0 используется, чтобы выполнить двоичное сравнение, 1 задает посимвольное сравнение без учета регистра.

Если *string1* меньше, чем *string2*, то результат равен -1, если строки равны, то 0, если вторая меньше, то 1, если хоть одна из строк имеет значение Null, то результат также равен Null.

Функция `Space` создает строку, содержащую указанное число пробелов. *Синтаксис*:

`Space(число)`

Аргумент *число* указывает нужное число пробелов в строке.

Функция `String` создает строку, содержащую заданное число повторяющихся символов. *Синтаксис:*

```
String(number, character)
```

Аргумент *number* задает длину строки, а *character* — код символа или строковое выражение, первый символ которого используется при создании результирующей строки.

Функция `Len` (*строка*) возвращает длину строки-аргумента.

Функция `InStr` определяет позицию первого вхождения одной строки внутри другой строки. *Синтаксис:*

```
InStr([start, ]string1, string2[, compare])
```

Необязательный аргумент *start* задает позицию, с которой начинается поиск (по умолчанию — с первого символа строки). Аргумент *string1* задает строку, в которой выполняется поиск, а *string2* — строку, вхождение которой ищется. Необязательный аргумент *compare* имеет тот же смысл, что и для функции `StrComp`.

Функция `Left`(*string, length*) выделяет в строке *string* указанное число *length* символов слева, а функция `Right`(*string, length*) — справа.

Функции `LTrim`(*строка*), `RTrim`(*строка*), `Trim`(*строка*) возвращают копию строки, из которой удалены пробелы, находившиеся в начале строки (`LTrim`), в конце строки (`RTrim`) или в начале и конце строки (`Trim`).

Функция `Mid`(*string, start[, length]*) выделяет из строки *string*, начиная с позиции *start*, подстроку длины *length*.

Функция `Format` возвращает значение типа `Variant(String)`, содержащее выражение, отформатированное согласно описанию формата. *Синтаксис:*

```
Format(выражение[, формат])
```

Аргумент *выражение* — любое допустимое выражение, *формат* — любое допустимое именованное или определяемое пользователем выражение формата. В VBA определены некоторые стандартные форматы (для дат и времени), а также способы построения пользовательских форматов для числовых и строковых значений. Их описание заняло бы много места, поэтому здесь приведены только примеры.

```
Format(15:09:17, «h:m:s») =»15:9:17"
```

```
Format(15:09:17, «hh:mm:ss AMPM») = «03:09:17 PM»
```

```
Format(4573) = «4573»
```

## Функции обработки дат и времени

### Определение текущей даты или времени

`Date` — возвращает текущую системную дату.

`Time` — возвращает текущее время по часам компьютера.

`Now` — возвращает значение типа `Variant(Date)`, содержащее текущую дату и время по системному календарю и часам компьютера.

### Вычисления над датами

Функция `DateAdd` предназначена для добавления или вычитания указанного временного интервала из значения даты.

DateAdd(interval, number, date)

Аргумент *interval* — строка, указывающая тип добавляемого временного интервала, *number* — число временных интервалов, на которое следует изменить дату, *date* — дата, к которой добавляется указанный временной интервал (табл. 1.6).

Таблица 1.6. Допустимые значения аргумента *interval*

Значение	Описание
уууу	Год
Q	Квартал
m	Месяц
Y	День года
D	День месяца
w	День недели
ww	Неделя
H	Часы
N	Минуты
S	Секунды

**Например:**

DateAdd(«m», 2, «31-дек-94») = 28.02.95

DateAdd(«m», -1, «31-январь-95») = 31.12.94

Функция DateDiff предназначена для определения числа указанных временных интервалов между двумя датами. Например, с помощью этой функции можно вычислить число дней между двумя датами или число недель между текущей датой и концом года. *Синтаксис:*

DateDiff(interval, date1, date2[, firstdayofweek  
[, firstweekofyear]])

*date1* и *date2* — две даты, разность между которыми следует вычислить, *firstdayofweek* — константа, указывающая первый день недели (по умолчанию считается, что неделя начинается с воскресенья), *firstweekofyear* — константа, указывающая первую неделю года (по умолчанию первой неделей считается неделя, содержащая 1 января).

**Например:**

DateDiff(«m», «18.10.55», «31-январь-95») = 471

DateDiff(«Y», «18.11.97», «01.01.97») = -321

Функция DatePart предназначена для определения указанного компонента даты. Например, с помощью этой функции можно определить день недели или текущий час. *Синтаксис:*

DatePart(interval2, date[, firstdayofweek[, firstweekofyear]])

Аргумент *interval* задает тип возвращаемого временного интервала, *date* — дата, подлежащая обработке. Необязательные аргументы *firstdayofweek* и *firstweekofyear* имеют тот же смысл, что и для функции DateDiff.

**Например:**

DatePart («ww», «02.09.89») = 35

DatePart («w», «02.09.89») = 7

Функция Time возвращает значение типа Single, представляющее число секунд, прошедших после полуночи.

**VBA и Visual Basic**

VBA и Visual Basic — разные инструментальные средства.

VBA предназначен для создания и выполнения программ в среде приложений Microsoft Office или других программ, также поддерживающих VBA-технологии. Результатом работы VBA-программиста являются код и программные компоненты, которые в подавляющем большинстве случаев могут эксплуатироваться только в среде VBA (например, с помощью VBA невозможно скомпилировать EXE-файл).

Visual Basic (в настоящее время преимущественно используются версии 5.0 и 6.0) — средство разработки программ, которое по своим функциональным возможностям и назначению аналогично таким инструментам, как Delphi или C++ Builder. Результатом работы VB-программиста являются EXE-файлы, DLL-библиотеки и другие программные компоненты, которые предназначены для использования вне среды VB — в операционных системах Windows 95/98/2000, Windows NT 4.0).

Общими для VBA и VB являются:

- язык программирования (во всех аспектах — типы данных, правила объявления и использования переменных, процедур и функций);
- во многом похожие средства разработки и отладки программ;
- аналогичные модели объектно-ориентированного и событийно-управляемого программирования;
- общие библиотеки объектов, механизмы подключения и использования библиотек.

**Почему необходимо знать VBA**

VBA — отличное средство автоматизации не только простых рутинных операций, которые пользователю приходится периодически выполнять, например при подготовке текстов в Word, но и сложнейших вычислений над большими объемами данных.

Очень важным фактором, обуславливающим целесообразность наличия у специалиста любого профиля хотя бы минимальных знаний о VBA, является то, что в настоящее время VBA постепенно становится стандартом де-факто в качестве встроенного языка программирования не только для приложений, поставляемых компанией Microsoft.

Дело в том, что Microsoft лицензирует ядро VBA и предоставляет технологию его использования другим компаниям, разрабатывающим программное обеспечение для самых разных предметных областей — от картографии до бизнеса. Очевидно, что наборы объектов этих приложений коренным образом отличаются от наборов объектов приложений Microsoft Office. Однако язык программирования и технология работы с объектами, их свойствами и методами одни и те же.

Квалифицированному пользователю, профессионально работающему с каким-либо приложением, необходимо как можно лучше знать все объекты приложения, с которыми ему приходится работать. Когда же этому пользователю придется что-либо автоматизировать для выполнения часто встречающихся операций, то, если в это приложение встроен VBA, пользователю будут предоставлены язык программирования, среда разработки и технология работы с объектами, хорошо знакомые ему, например, по Excel.

### Простейшие приемы использования VBA

В этом разделе рассматриваются приемы создания простых макросов, пользовательских процедур и функций.

#### ЗАМЕЧАНИЕ

Между понятиями «макрос», «процедура» и «функция» имеются существенные различия. Например, любой макрос является процедурой, но не наоборот. Разобраться с этим вопросом несложно даже при минимальных навыках использования VBA.

### Использование макрорекордера

Макрорекордер — средство записи макросов, обеспечивающее автоматическую запись действий пользователя в виде операторов VBA, выполняющих какие-либо действия с объектами приложения, в котором ведется запись.

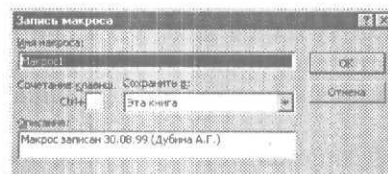
Допустим, что при выполнении какого-либо расчета необходимо переместить значения ячеек A1–A3 рабочего листа Лист1 в ячейки C4–C6.

Последовательность действий простейшая, посмотрим, как записать ее в виде VBA-программы. Предполагается, что Excel только что запущен и в нем открыта рабочая книга по умолчанию, значения обрабатываемых ячеек не важны.

#### Запуск макрорекордера и запись макроса

Чтобы запустить макрорекордер, необходимо выполнить команды **Сервис, Макрос, Начать запись** (*Tools, Macro, Record New Macro*).

Не будем ничего менять в предъявленном диалоговом окне, представленном на рис. 1.1 (в этом окне можно указать имя нового макроса, в какой рабочей книге он должен быть записан, а также указать комбинацию клавиш для вызова макроса) — сейчас это не важно. Щелкните кнопку **ОК**.



**Рис. 1.1.** Диалоговое окно **Запись макроса** позволяет указать основные параметры нового макроса

После этого будет предъявлена панель **Остановка записи** (Stop Recording) с двумя кнопками: **Остановка записи** (Stop Recording) и **Относительная ссылка**

(Relative Reference). Назначение первой кнопки очевидно, а понимание назначения второй требует углубленных знаний механизма описания ссылок между ячейками, поэтому здесь не рассматривается.

Теперь можно приступить непосредственно к записи макроса: выделите диапазон ячеек A1–A3 и переместите его в диапазон C4–C6, после чего нажмите кнопку **Остановка записи (Stop Recording)** на одноименной панели.

#### Просмотр записанного макроса

Наиболее простой способ — выполнить команды **Сервис, Макрос, Макросы** (Tools, Macro, Macros) или нажать комбинацию клавиш **Alt+F8**.

В диалоговом окне (рис. 1.2) необходимо указать (выбрать, если их несколько) имя необходимого макроса и щелкнуть кнопку **Изменить (Edit)**.

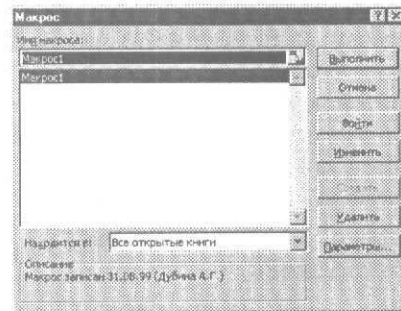


Рис. 1.2. Диалоговое окно **Запись макроса** позволяет указать основные параметры нового макроса

При этом произойдет запуск редактора VBA и автоматически будет открыт модуль (фрагмент проекта VBA, содержащий исходные тексты программ) в том месте, где находится исходный текст указанного макроса. «Картинка» должна быть примерно такой, как показано на рис. 1.3.

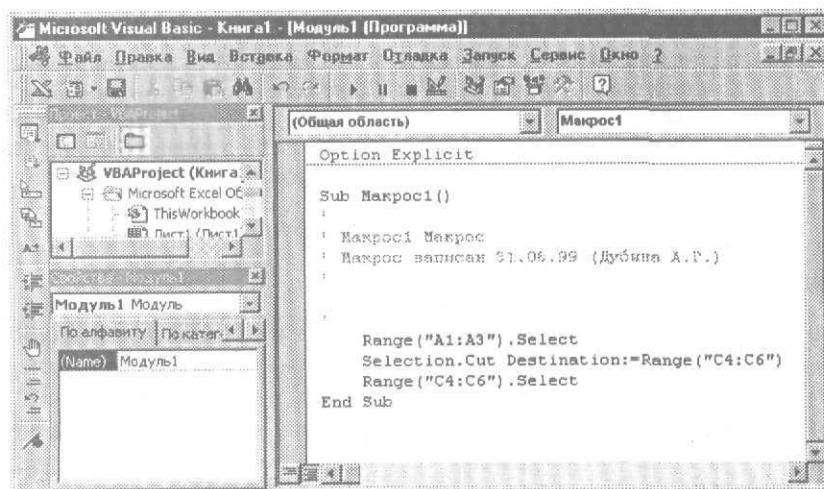


Рис. 1.3. Просмотр текста макроса в среде разработки VBA

Исходный текст (листинг) макроса:

```
Sub Макрос1 ()
  * Макрос1 Макрос
  * Макрос записан 31.08.99 (Дубина А.Г.)
  Range («A1:A3»).Select
  Selection.Cut Destination:=Range («C4:C6»)
  Range («C4:C6»).Select
End Sub
```

В первой строке объявляется процедура (Sub) с именем Макрос1.

Вторая и третья строки содержат уточняющие комментарии (они начинаются с соответствующего символа — одинарной кавычки).

В четвертой строке производится выделение диапазона ячеек A1–A3, выполняется метод Select для этого диапазона.

В пятой строке производится перемещение выделенного фрагмента.

В шестой выделение устанавливается на обновленном диапазоне.

#### Запуск записанного макроса на выполнение

Запустить макрос на выполнение можно следующим способом:

1. Выполнить команды **Сервис, Макрос, Макросы** (Tools, Macro, Macros) или нажать комбинацию клавиш **Alt+F8**.
2. В диалоговом окне (см. рис. 1.2) необходимо указать/выбрать (если их несколько) имя необходимого макроса и дважды щелкнуть по нему или нажать кнопку **Выполнить (Run)**.

Теперь можно проверить работу записанного макроса. В ячейки A1–A3 необходимо поместить любые значения любого типа, например 1, 2, 3. Запустите макрос **Макрос1** на выполнение — введенные значения будут перенесены в ячейки C4–C6.

---

#### ЗАМЕЧАНИЕ

Макрос или процедура, не имеющая параметров, могут быть запущены на выполнение и непосредственно из редактора VBA. Для этого необходимо поместить курсор на любую строку программы и либо выполнить команды **Запуск, Запуск макроса (Run, Run Macro)**, либо нажать клавишу **F5**, либо щелкнуть кнопку **Запуск макроса (Run Macro)** на панели инструментов **Стандарт (Standard)**.

---

#### Создание пользовательской процедуры

С помощью макрорекордера можно сделать очень многое: автоматически записать свои действия, на основе сформированной программы изучить объекты, свойства и методы, над которыми или с участием которых эти действия производились.

Однако при более-менее серьезном использовании VBA рано или поздно придется создавать программы, которые не могут быть просто записаны макрорекордером. Наиболее типичный пример — программы, имеющие средства диалога с пользователем.



Далее рассматривается процесс написания и тестирования такой программы.

#### Вызов редактора VBA, ввод и запуск программы

Для упрощения следует перезапустить Excel или закрыть все открытые рабочие книги и создать новую (ее имя не важно).

Для запуска редактора VBA необходимо выполнить *команды: Сервис, Макрос, Редактор Visual Basic (Visual Basic Editor) или нажать комбинацию клавиш Alt+F11.*

Новая рабочая книга по умолчанию не содержит компонентов, обеспечивающих хранение исходных текстов VBA-программ, поэтому необходимо выполнить команды: **Вставка, Модуль (Insert, Module)**. При этом в рабочую книгу будет добавлен новый модуль (имя модуля присваивается по умолчанию и в данном случае значения не имеет). Новый модуль будет сразу же открыт, и в него можно ввести исходный текст процедуры.

```
Sub МояПерваяПроцедура ()  
  
Dim Переменная As String "объявление переменной"  
  
Переменная = InputBox («Введите значение», «Ввод значения»)  
  
"вывод диалогового окна с полем ввода"  
  
MsgBox «Введено значение» & Переменная, vbOKOnly, «Значение»  
  
"отображение диалогового окна"  
  
End Sub
```

После запуска процедуры на выполнение пользователю будет предложено ввести любое значение (рис. 1.4), которое затем будет отображено в окне-сообщении (рис. 1.5).

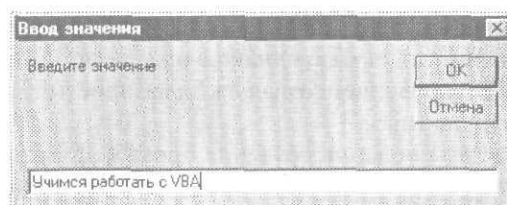


Рис. 1.4. Диалоговое окно функции InputBox()

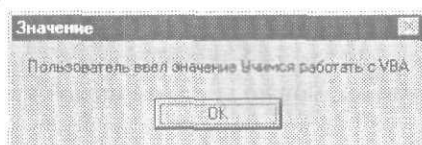


Рис. 1.5. Диалоговое окно функции MsgBox()

Процедура, несмотря на свою лаконичность, «умест» достаточно много — последовательно выводит два диалоговых окна. Все это без каких-либо усилий со стороны VBA-программиста обеспечивается встроенной функцией InputBox() и процедурой/функцией MsgBox().

**ЗАМЕЧАНИЕ**

В плане функциональности особого внимания заслуживает MsgBox(). Множество параметров вызова позволяют изменять значки (вопрос, восклицание, сообщение о критической ошибке) и количество кнопок — вариантов ответа пользователя. Также обратите внимание на возможность задания имен переменных и подпрограмм русскими буквами. Пользуйтесь этим!

**Модификация программы**

Модифицируем программу таким образом, чтобы внести в нее элементы логики.

```
Sub МояВтораяПроцедура ()
Dim Переменная As String "объявление переменной
Переменная = InputBox («Введите значение», «Ввод значения»)
"вывод диалогового окна с полем ввода
If Переменная > 0 and Переменная < 10 then
MsgBox «Введено правильное значение», vbOKOnly, «Контроль»
Else
MsgBox «Ошибка!», vbOKOnly, «Контроль»
End If
End Sub
```

Теперь, в зависимости от того, попадает ли введенное значение в интервал между 0 и 10, программа работает по-разному.

**Создание пользовательской функции**

С помощью встроенных функций Excel можно создать формулы и расчетные решения любой степени сложности, однако очень часто минимальный опыт программирования на VBA позволяет создавать более простые и удобные решения на основе собственных функций.

В этом разделе рассматривается создание простой функции, обеспечивающей вычисление длины гипотенузы прямоугольного треугольника по известным длинам катетов с помощью формулы

$$c = \sqrt{a^2 + b^2}.$$

**Ввод исходного текста функции**

Можно приступить к работе над функцией в том же модуле той же книги, в котором размещены процедуры, можно вставить новый модуль или создать новую рабочую книгу.

Необходимо ввести следующий текст.

```
Function Гипотенуза (ДлинаКатета_a, ДлинаКатета_b)
Гипотенуза = Sqr (ДлинаКатета_a^2 + ДлинаКатета_b^2)
End Function
```

Функции, в отличие от процедур/макросов, невозможно запустить непосредственно из редактора VBA, поэтому необходимо написать проверочную процедуру.

```
Sub Проверка ()
MsgBox Гипотенуза (10, 30)
End Sub
```

### Формула рабочего листа на основе пользовательской функции

На любом рабочем листе рабочей книги, в которой находится функция Гипотенуза (), поместите в ячейках A1, A2, A3, B1, B2 значения так, как показано на рис. 1.6.



Рис. 1.6. Значения для расчета функции Гипотенуза()

Создайте в ячейке B3 формулу на основе функции Гипотенуза ():

1. Щелкните ячейку B3.
2. Выполните команду **Вставка, Функция** (Insert, Function) или на панели инструментов **Стандартная** (Standard) щелкните кнопку **Вставка функции** (Paste Function).
3. В диалоговом окне первого шага мастера функций (рис. 1.7.) в левом списке **Категория** (Function Category) выберите категорию **Определенные пользователем** (User Defined).
4. В правом списке **Функция** (Function Name) выберите функцию **Гипотенуза** (в этом списке могут быть указаны не только эта функция, но и другие, содержащиеся в подключенных надстройках и других файлах).
5. Нажмите кнопку **ОК**.

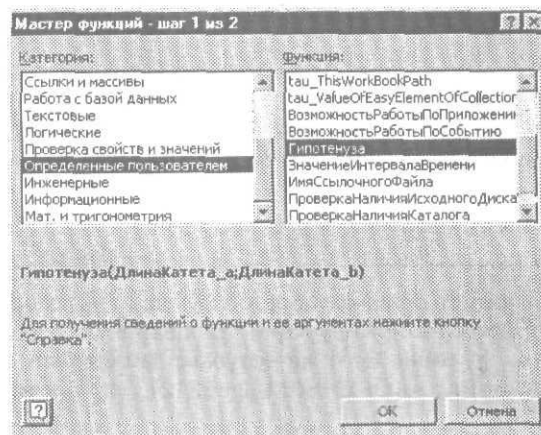


Рис. 1.7. Диалоговое окно первого шага мастера функций. Выбор функции, определенной пользователем

В диалоговом окне второго шага мастера функций (рис. 1.8.):

1. Щелкните поле ввода для катета  $a$ .
2. Щелкните ячейку B1.
3. Щелкните поле ввода для катета  $b$ .
4. Щелкните ячейку B2.
5. Нажмите кнопку **ОК**.

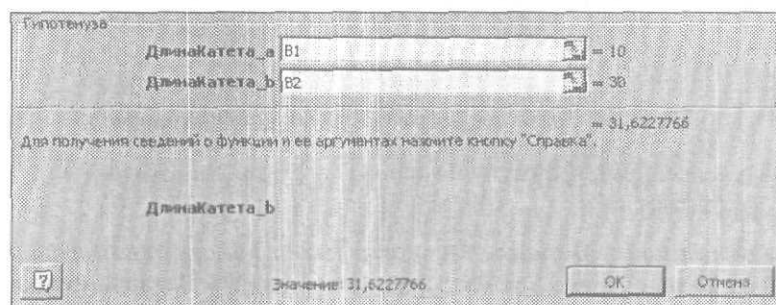


Рис. 1.8. Диалоговое окно второго шага мастера функций

#### ЗАМЕЧАНИЕ

Обратите внимание, что в рассматриваемых диалоговых окнах Excel отображает названия параметров пользовательской функции точно так же, как и для встроенной функции. При использовании понятных (длинных, на русском языке) имен параметров пользовательских функций вы можете облегчить понимание того, что требуется сообщить функции при ее вызове — для обеспечения ее правильной работы.

Таким образом в ячейку B3 будет введена формула =Гипотенуза(B1;B2). Изменение значений длин катетов в ячейках B1 и B2 вызывает перерасчет длины гипотенузы.

#### ЗАМЕЧАНИЕ

Конечно, это был пример слишком простой функции, на котором не видно плюсов и минусов использования VBA-функций по сравнению с формулами на основе только встроенных функций. Этот же результат может быть получен с помощью простого выражения =КОРЕНЬ(B1^2+B2^2) (в английской версии — =SQRT(B1^2+B2^2)).

Далее будут подробно рассмотрены ситуации, в которых целесообразно либо применять собственные VBA-функции, либо обходиться только встроенными.

## Глава 2. ПРИМЕР РАЗРАБОТКИ ПРОСТОГО РАСЧЕТНОГО РЕШЕНИЯ

В этой главе рассматриваются и сравниваются несколько технологий разработки расчетных решений. Кроме двух основных методов (разработка без использования VBA и разработка с использованием преимущественно VBA) представлен промежуточный вариант, сочетающий достоинства обоих методов.

Еще один вопрос этой главы — это стиль компоновки расчетных формул независимо от того, основаны они большей частью на встроенных или на VBA-функциях. Длинная «цепочка» последовательных вычислений может быть представлена большим количеством простых формул, «разложенных» по многим ячейкам, или же, наоборот, несколькими сложными длинными формулами в нескольких ячейках.

В качестве примера используется хорошо знакомая всем читателям задача — решение квадратных уравнений (поиск значений корней уравнения).

Уравнение описывается формулой  $ax^2 + bx + c = 0$ .

Корни уравнения рассчитываются по формулам:

$$x_1 = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}; \quad x_2 = \frac{-b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}.$$

Уравнение может иметь корни, только если подкоренное выражение (дискриминант) больше нуля или равен нулю, в последнем случае значения корней равны.

### Структура демонстрационного файла

Для каждого примера решения полного квадратного уравнения в рабочей книге *algebra.XLS* выделен один рабочий лист (табл. 2.1).

Таблица 2.1. Рабочие листы (примеры решения квадратного уравнения)

Имя рабочего листа	Описание
Лист1	Решение с использованием только встроенных функций, причем используется максимально возможное разделение вычислений на отдельные простые формулы
Лист2	Решение с использованием только встроенных функций, причем используются достаточно сложные (длинные) формулы для расчета лишь трех значений
Лист3	Решение с использованием только встроенных функций, причем используются достаточно сложные (длинные) формулы для расчета лишь трех значений, но сложность «перераспределена» между формулой расчета корня из дискриминанта и формулами расчета корней уравнения (по сравнению с примером, приведенным на Листе 2)
Лист4	Решение с использованием как встроенных функций, так и одной пользовательской функции
Лист5	Решение с использованием только пользовательских функций. Две разные функции используются для вычисления соответственно первого и второго корня уравнения. Расчет дискриминанта и корня из него производится в этих функциях

Сокращение табл. 2.1

Имя рабочего листа	Описание
Лист6	Решение с использованием только одной пользовательской функции. Необходимость расчета первого или второго корня указывается значением четвертого параметра функции. Расчет дискриминанта и корня из него производится в этой функции.
Лист7	Решение полного квадратного уравнения с использованием процедуры, вызываемой при «нажатии» кнопки «Выполнить расчет». На рабочем листе ни встроенные, ни пользовательские функции не используются, поэтому автоматический перерасчет значений при изменении исходных данных не производится (этот пример имеет ознакомительный характер и подробно не рассматривается).

Все функции и процедуры находятся в одном модуле Модуль1. В этом модуле не требуется обязательное объявление переменных, переменные нетипизированы.

На всех рабочих листах для ввода исходных данных (коэффициентов уравнения  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ) выделены ячейки с одинаковыми адресами — A6, B6, C6 соответственно.

### Решения с использованием только встроенных функций

#### Много простых формул

Рабочий лист **Лист1** (рис. 2.1). В этом примере любое простейшее арифметическое действие, за исключением расчета собственно корней, представлено отдельной формулой, помещенной в отдельную ячейку.

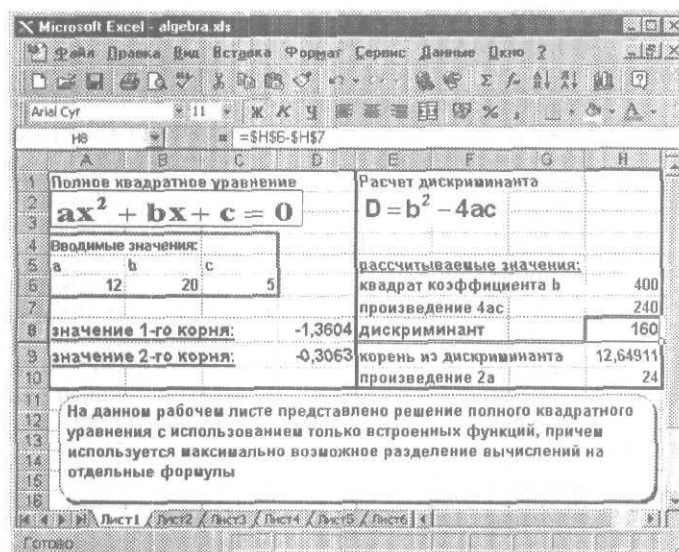


Рис. 2.1. Расчет корней квадратного уравнения с помощью только встроенных функций. Рабочий лист **Лист1**

Таблица 2.2. Промежуточные значения, ячейки и формулы

Значение	Ячейка (адрес)	Формула
Квадрат коэфф-та b	H6	=B\$6*B\$6
Произведение 4ac	H7	=4*\$A\$6*\$C\$6
Дискриминант	H8	=H\$6-H\$7
Корень из дискриминанта	H9	=КОРЕНЬ(H\$8)
Произведение 2a	H10	=2*\$A\$6

Значения корней в ячейках D8, D9 рассчитываются по формулам:  
 =ЕСЛИ(НЕ(\$H\$8<0);(-B\$6-\$H\$9)/\$H\$10; "нет значения")  
 =ЕСЛИ(НЕ(\$H\$8<0);(-B\$6+\$H\$9)/\$H\$10; "нет значения")

**ЗАМЕЧАНИЕ**

В данном случае, как и в ряде примеров, рассматриваемых далее, логика решения «значение корня есть/нет» возложена на встроенную функцию ЕСЛИ() (IF()).

**Мало сложных формул**

Рабочие листы **Лист2** (рис. 2.2) и **Лист3**. В этих примерах используются по три сложных формулы на основе встроенных функций. Примеры отличаются тем, что сложность по-разному распределена между формулой расчета промежуточного значения (дискриминант или корень из дискриминанта) и формулами расчета значений корней.

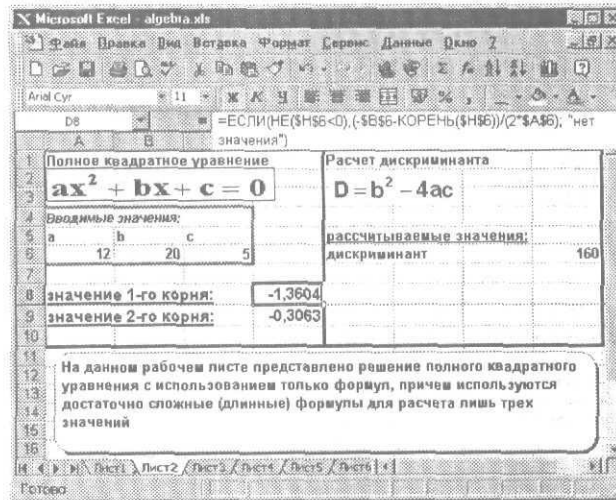


Рис. 2.2. Расчет корней квадратного уравнения с помощью только встроенных функций. Рабочий лист **Лист2**

Таблица 2.3. Промежуточные значения, ячейки и формулы

Значение	Ячейка (адрес)	Формула (Лист2)	Формула (Лист3)
Лист 2 — дискриминант; Лист 3 — корень из дискриминанта.	H6	=B\$6*B\$6-4*A\$6*C\$6	=КОРЕНЬ(B\$6*B\$6-4*A\$6*C\$6)
Корень 1с	D8	=ЕСЛИ(НЕ(\$H\$6<0); (-B\$6-КОРЕНЬ(\$H\$6))/ (2*A\$6); "нет значения")	=ЕСЛИ(ЕОШИБКА (\$H\$6); "нет значения"; (-B\$6-\$H\$6)/(2*A\$6))
Корень 2	D9	=ЕСЛИ(\$H\$6<0; "нет значения"; (-B\$6+КОРЕНЬ(\$H\$6))/ (2*A\$6))	=ЕСЛИ(ЕОШИБКА (\$H\$6); "нет значения"; (-B\$6+\$H\$6)/(2*A\$6))

**ЗАМЕЧАНИЕ**

В примере, представленном на рабочем листе Лист3, расчет значения дискриминанта вообще не производится. В случае отрицательного дискриминанта в ячейке H6 будет находиться ошибочное значение. Поэтому в формулах расчета корней вместо оценки значения дискриминанта по отношению к нулю (это сделать в данном случае невозможно) используется функция проверки ошибочного значения ЕОШИБКА() (ISERROR()).

**Встроенные и пользовательские функции**

Рабочий лист Лист4 (табл. 2.4).

Таблица 2.4. Промежуточные значения, ячейки и формулы

Значение	Ячейка (адрес)	Формула
Корень из дискриминанта	H6	=КореньИзДискриминанта(A6;B6;C6)
Корень 1с	D8	=ЕСЛИ(ЕОШИБКА(\$H\$6); "нет значения"; (-B\$6-\$H\$6)/(2*A\$6))
Корень 2	D9	=ЕСЛИ(ЕОШИБКА(\$H\$6); "нет значения"; (-B\$6+\$H\$6)/(2*A\$6))

Текст функции КореньИзДискриминанта()

```
Function КореньИзДискриминанта(a, b, c)
```

```
    произведение_4ac = 4 * a * c
```

```
    аргумент = b * b - произведение_4ac
```

```
    КореньИзДискриминанта = Sqr(аргумент)
```

```
End Function
```

В качестве параметров функции передаются значения коэффициентов уравнения.



## Только пользовательские функции

## Две разные функции

Рабочий лист Лист5 (рис. 2.3).

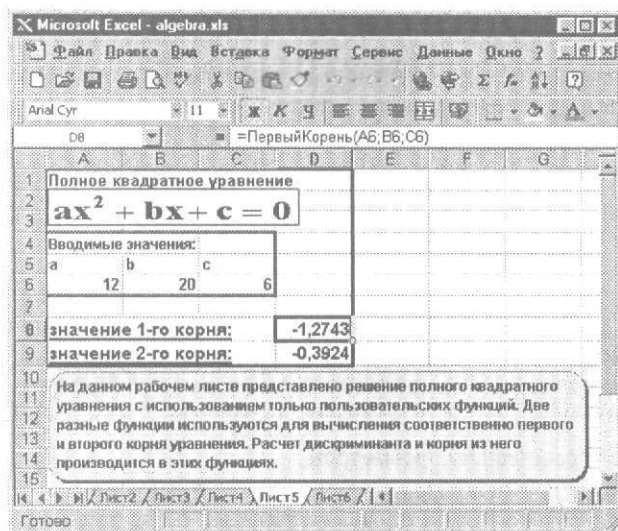


Рис. 2.3. Расчет корней квадратного уравнения с помощью только VBA-функций. Рабочий лист Лист5

Таблица 2.5. Промежуточные значения, ячейки и формулы

Значение	Ячейка (адрес)	Формула
Корень 1с	D8	=ПервыйКорень(A6;B6;C6)
Корень 2	D9	=ВторойКорень(A6;B6;C6)

Тексты функций:

Function ПервыйКорень (a, b, c)

ЗначениеДискриминанта = Дискриминант(a, b, c)

If ЗначениеДискриминанта &gt;= 0 Then

ПервыйКорень = (-b - Sqr(ЗначениеДискриминанта)) / (2 \* a)

Else

ПервыйКорень = «нет значения»

End If

End Function

Function ВторойКорень (a, b, c)

ЗначениеДискриминанта = Дискриминант(a, b, c)

If ЗначениеДискриминанта &gt;= 0 Then

```

    ВторойКорень = (Sqr(ЗначениеДискриминанта) - b) / (2 * a)
Else
    ВторойКорень = «нет значения»
End If

```

В качестве параметров функциям передаются значения коэффициентов уравнения.

Для расчета дискриминанта в обеих функциях используется функция дискриминант, которой при вызове также передаются значения коэффициентов уравнения.

```

Function Дискриминант(a, b, c)
Дискриминант = b * b - 4 * a * c
End Function

```

### ЗАМЕЧАНИЕ

Здесь впервые демонстрируется модульность VBA-программ. Общий фрагмент вычислений (расчет дискриминанта) выделен в отдельную подпрограмму, которая вызывается из программ «верхнего уровня» (из функций расчета первого и второго корня).

### Одна функция с управляющим параметром

Рабочий лист **Лист6**.

**Таблица 2.6.** Промежуточные значения, ячейки и формулы

Значение	Ячейка (адрес)	Формула
Корень 1с	D8	=КореньПолногоКвадратногоУравнения(A6;B6;C6;1)
Корень 2	D9	=КореньПолногоКвадратногоУравнения(A6;B6;C6;2)

Очевидно, что в предыдущем примере функции ПервыйКорень() и ВторойКорень() очень похожи. Общие правила программирования, актуальные в VBA, как и в других средствах разработки, в таких случаях рекомендуют разрабатывать один программный компонент (процедуру или функцию), внутри которого учтены небольшие изменения. Указание, какой вариант вычислений необходимо реализовать в конкретном случае, передается функции в виде управляющего параметра.

Вызовы одной общей функции в формулах отличаются только значениями последнего параметра.

Тексты функции:

```

Function КореньПолногоКвадратногоУравнения(a, b, c, НомерКорня)
    ЗначениеДискриминанта = Дискриминант(a, b, c)
    If НомерКорня = 1 Then
        МножительКорняИзДискриминанта = -1
    Else "здесь считаем, что НомерКорня = 2
        МножительКорняИзДискриминанта = 1
    End If

```

```
If ЗначениеДискриминанта >= 0 Then
КореньПолногоКвадратногоУравнения = _
(МножительКорняИзДискриминанта * Sqr(ЗначениеДискриминанта) - b) _
/ (2 * a)
Else
КореньПолногоКвадратногоУравнения = «нет значения»
End If
End Function
```

В качестве параметров функциям передаются значения коэффициентов уравнения, а также управляющий параметр, указывающий, какой (первый или второй) корень уравнения необходимо рассчитать.

Для расчета дискриминанта используется уже рассматривавшаяся функция Дискриминант().

В первом логическом блоке If...End If в зависимости от того, какой корень необходимо рассчитать, устанавливается положительное или отрицательное значение множителя значения корня из дискриминанта.

Во втором логическом блоке обрабатывается ситуация отсутствия корней уравнения (дискриминант имеет отрицательное значение).

### Заключение

В этой главе были рассмотрены шесть способов решения одной задачи. Excel, особенно в связке с VBA, предоставляет множество возможностей для выбора наиболее оптимального подхода, соответствующего характеру решаемой задачи, имеющимся вычислительным ресурсам (мощности ПК, на которых используется расчетное решение) и уровню профессиональной подготовки пользователя, разрабатывающего это решение.

## Глава 3. ОФОРМЛЕНИЕ И ДОКУМЕНТИРОВАНИЕ РАБОЧИХ ЛИСТОВ EXCEL

### Общая структура файлов

Почти все расчетные файлы содержат не менее двух рабочих листов. Каждый рабочий лист представляет собой либо этап расчета, либо законченный расчет (начиная с ввода исходных данных, заканчивая отображением итоговых значений).

### Оформление рабочих листов

Рабочие листы файлов всех фрагментов расчетов оформлены насколько возможно однообразно (насколько это позволяла сделать терминология и специфика каждой предметной области (экономика, финансы, ценообразование и прочие)).

Рабочие листы оформлены в соответствии со следующим правилом — все элементы рабочего листа должны быть видны пользователю в том случае, если активной является ячейка A1 — при разрешении экрана 800×600 (мы стремились везде

следовать этому правилу). Благодаря этому при выполнении расчета (особенно при «подгонке» некоторых исходных данных под требуемые расчетные параметры) пользователю не нужно «прокручивать» рабочий лист по вертикали или горизонтали — необходимо просто перемещаться между рабочими листами, каждый из которых соответствует определенному этапу какого-либо фрагмента расчета.

На всех рабочих листах всех файлов первые строки (обычно 2-3) выделены под информационные ячейки. В этих ячейках указывается предметная область или методика, по которой выполняется расчет, наименование расчета. При необходимости — наименование фрагмента (этапа) расчета, если расчет выполняется на нескольких листах, а также другие дополнительные сведения.

Ячейки, предназначенные для ввода пользователем исходных данных или промежуточных значений (взятых, например, из таблиц) выделены бледно-желтым цветом.

Там, где это необходимо, рядом с ячейками указаны условные обозначения соответствующих переменных (обозначения в подавляющем большинстве случаев настолько это возможно аналогичны обозначениям, общепринятым для соответствующей предметной области).

---

### ЗАМЕЧАНИЕ

При вводе различных обозначений достаточно важным (и далеко не всегда простым) является ввод в одну ячейку символов различных алфавитов, различных шрифтов, верхних и нижних индексов. Подробное описание соответствующих приемов работы пользователя представлено в Приложении 3.

---

### Типы формул

Необходимо рассмотреть следующие понятия:

1. Теоретическая формула.
2. Подстановочная формула.
3. Расчетная формула

**Теоретическая формула** — иллюстрация того, по какому правилу производится тот или иной расчет. Теоретическая формула содержит теоретические обозначения (но не значения!) величин, используемых при расчете по этой формуле. Сама теоретическая формула, являясь иллюстрацией, ничего не рассчитывает. В некоторых случаях простые (однострочные) теоретические формулы оформлены прямо в ячейках рабочих листов. Однако в большинстве случаев (наличие натуральных дробей, корней, сложных математических символов) теоретические формулы создаются с помощью редактора формул (дополнительная программа, входящая в стандартный комплект Excel 97/2000) и в качестве OLE-объектов помещаются в файлы Excel (проще говоря, теоретические формулы являются «картинками», помещенными на рабочий лист Excel).

---

### ЗАМЕЧАНИЕ

Вопросы использования редактора формул подробно рассматриваются в Приложении 4.

---

**Подстановочная формула** — иллюстрация того, какие значения подставлены в формулу (для каждого конкретного расчета на основе конкретного набора исходных данных). Подстановочная формула не выполняет расчет, а «собирает вместе» значения, используемые в формуле, и отображает их. В подстановочных формулах всегда используется встроенная функция Excel =СЦЕПИТЬ() (=CONCATENATE()). В некоторых случаях простая (однострочная) подстановочная формула МОЖЕТ быть оформлена в одной ячейке рабочего листа (при этом функция =СЦЕПИТЬ() в формуле может иметь много параметров). Однако во многих случаях (наличие натуральных дробей, корней, сложных математических символов) подстановочные формулы создаются достаточно сложным образом — формулы на основе функции =СЦЕПИТЬ() размещаются в нескольких соседних ячейках, с помощью линий воспроизводятся сложные математические символы и т.п. Важным полезным свойством подстановочных формул является то, что они облегчают поиск ошибок в исходных значениях, введенных пользователем.

**Расчетная формула** — собственно та формула, с помощью которой и производится расчет конкретного значения. Расчетная формула содержится в одной ячейке рабочего листа и может содержать одну или несколько встроенных функций Excel и/или одну или несколько пользовательских VBA-функций.

Все типы формул подробно проиллюстрированы на рис. 3.1.

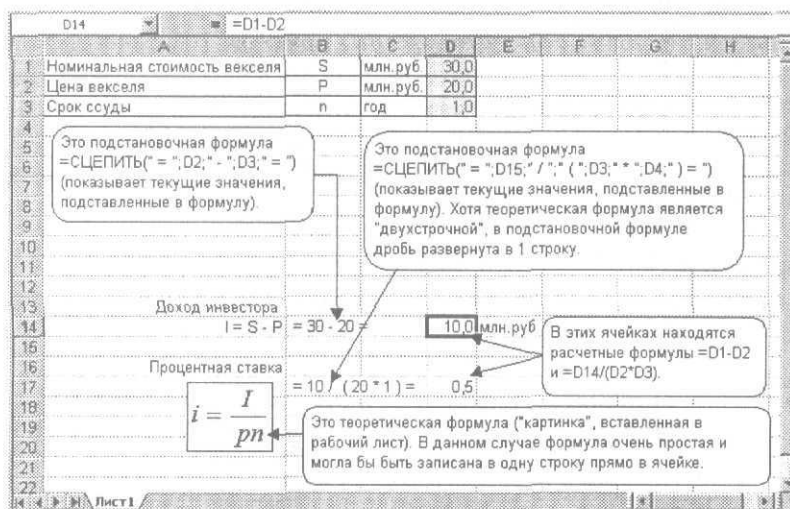


Рис. 3.1. Теоретические, подстановочные и расчетные формулы

Во всех примерах, представленных в данной книге, **ОБЯЗАТЕЛЬНО** используются теоретические и расчетные формулы. Это вполне очевидно — с помощью теоретических формул мы показываем, по каким правилам выполняется расчет, а с помощью расчетных формул непосредственно производим расчет (без этого уж никак нельзя).

Подстановочные формулы используются далеко не везде — во многих случаях вычисления являются достаточно простыми и дополнительные «пояснения» в виде подстановочных формул будут просто впустую загромождать рабочие листы.

#### Глава 4. РАБОТА С ФАЙЛАМИ ПРИМЕРОВ

Архивный zip-файл (размер менее 400 Кб), содержащий файлы с примерами всех расчетов, вы можете «скачать» по адресу: <http://www.piter.com/download>.

При работе с книгой целесообразно параллельно с изучением какого-либо раздела открывать и использовать файлы с соответствующими примерами.

Для работы с файлами не требуется выполнять инсталляцию. После «скачивания» архивных файлов из Интернет необходимо разархивировать их в любой из ваших каталогов. Для работы с файлом примера необходимо просто открыть его.

Почти все файлы перед помещением их в архив сохранены нами таким образом, чтобы сразу после открытия активным был первый рабочий лист.

Большинство рабочих листов большинства файлов НЕ имеют защиты. Вы можете изменять структуру листов и рабочих книг любым образом. Если вы что-то серьезно испортите, то вы всегда сможете повторно восстановить исходный файл из архива.

Примеры в файлах сгруппированы по темам, а файлы имеют соответствующие осмысленные названия.

В книге в описании каждого примера обязательно указаны имя файла и имя листа (имена листов), соответствующих этому примеру. Для каждого расчета приводится не менее двух примеров, использующих различные наборы исходных данных.

Уровень цифр, используемых в конкретных примерах (особенно в финансовых расчетах), зачастую имеет достаточно отдаленное отношение к реальной экономической ситуации в стране (процентные ставки, номиналы и т.п.). Во многих случаях это связано с тем, что мы с вами должны проверить работу расчетных файлов в различных условиях экономической жизни (условно говоря, «аргентинский», «американский» и «российский» варианты).

#### Список файлов

Номер главы, приложения	Имя файла	Примечание
1	algebra.XLS	Примеры решения квадратного уравнения – несколько вариантов «технической» реализации расчета
5	ПростИСложнПроценты.XLS	Расчеты простых и сложных процентов
6	Ренты.XLS	Рентные расчеты
7	Затраты.XLS	Управление затратами
8	ПлатежеСпособ.XLS	Оценка платежеспособности предприятия
9	Устаревание.XLS	Оценка функционального и экономического устаревания оборудования

Окончание табл.

Номер главы, приложения	Имя файла	Примечание
10	ДоходныйПодход.XLS	Оценка стоимости машин и оборудования – доходный подход
12, 13	Solvsamp.XLS	Общие примеры решения оптимизационных задач
14	Перевозки.XLS	Примеры решения задач оптимизации перевозок (различные варианты транспортной задачи)
15	Ресурсы.XLS	Различные задачи оптимизации распределения ресурсов
16	Раскрой.XLS Раскрой_Рама.XLS Раскрой_Прочее.XLS	Различные задачи оптимизации раскроя материалов
П 1	МетодикаЛукасевича.XLS	Финансовые расчеты по методике И.Я. Лукасевича
П 2	МетодикаПелиха.XLS	Расчет бизнес-плана по методике А.С. Пелиха

### Соглашение об использовании и распространении файлов

Перечисленные файлы примеров являются неотъемлемой частью настоящей книги независимо от способа получения их читателем (на машинном носителе или из Интернета).

Комплект перечисленных файлов является неделимым (в виде архивного zip-файла или комплекта отдельных xls-файлов).

Авторские права на перечисленные файлы принадлежат авторам настоящей книги и издательству, ее издавшему.

### ПРИМЕЧАНИЕ

За исключением файла Solvsamp.XLS, авторские права на который принадлежат уважаемой корпорации Microsoft. Включение этого файла в состав электронных материалов, прилагаемых к книге, обусловлено требованиями по устранению возможной проблемы разных версий этого файла (в различных редакциях и версиях пакета Microsoft Office) и не нарушает авторские права владельца.

Авторские права владельцев защищены в соответствии с действующим законодательством.

Авторские права на методики, расчеты по которым автоматизированы с помощью файлов МетодикаЛукасевича.XLS и МетодикаПелиха.XLS, принадлежат уважаемым владельцам (авторам и издателям соответствующих книг).

Любой читатель настоящей книги и пользователь файлов, перечисленных в таблице, имеет право передавать любым способом (на машинных носителях или по каналам связи) любому числу пользователей перечисленные файлы в виде единого комплекта, а именно:

- 1) делать любое количество копий этих файлов (в т.ч. с измененными данными в файлах) на любом количестве машинных носителей любых типов;
- 2) передавать файлы по каналам связи (электронная почта, Интернет и прочие);
- 3) размещать на Интернет-ресурсах для всеобщего или ограниченного использования.

Для соблюдения авторских владельцев при выполнении этих действий пользователю запрещается:

- 1) изменять любым образом структуру файлов (удалять и перемещать рабочие листы и т.п.); изменение исходных данных допускается;
- 2) удалять из файлов указания на настоящую книгу и на владельцев авторских прав;
- 3) распространять (тиражировать) перечисленные файлы по отдельности (а не в виде одного комплекта/файла);
- 4) взимать с кого бы то ни было плату за выполнение этих действий и/или оказание услуг (выполнение работ), связанных с этими действиями.

При выполнении этих действий для соблюдения авторских прав владельцев пользователь обязан указывать ссылку на настоящую книгу и владельцев авторских прав в текстах сопроводительных электронных документов (в том числе при размещении перечисленных файлов на Интернет-ресурсах).

Любой читатель книги и пользователь этих файлов имеет право:

- 1) использовать перечисленные файлы для решения учебных и бизнес-задач, а также для любых других целей (в том числе при обучении других пользователей);
- 2) создавать на основе перечисленных файлов новые файлы. Структура новых файлов и данные, содержащиеся в них, могут быть изменены любым образом для решения конкретных задач, стоящих перед пользователем, и использованы любым образом (в том числе переданы любым способом любому количеству пользователей).

Для соблюдения авторских владельцев при выполнении этих действий пользователь обязан указывать принадлежность авторских прав на исходные файлы и ссылку на первоисточник (настоящую книгу).



### Соглашение об ответственности

Отношения авторов, издателей и распространителей книги (и прилагаемых файлов), с одной стороны, и читателей/пользователей, с другой стороны, регламентируются только настоящим соглашением. Настоящее соглашение не ущемляет какие-либо права сторон. Авторы, издатели и распространители книги (и прилагаемых файлов) не берут на себя никаких обязательств, сверх перечисленных в настоящем соглашении.

Книга и прилагаемые файлы распространяются по принципу «как есть».

Авторы, издатели и распространители книги (и прилагаемых файлов) не несут ответственности за ущерб, который может быть нанесен в результате использования, неиспользования или ненадлежащего использования файлов или информации, содержащейся в книге.

Авторы, издатели и распространители книги (и прилагаемых файлов) не несут ответственности за недостижение ожидаемого эффекта от использования файлов или информации, содержащейся в книге.

Авторы, издатели и распространители книги (и прилагаемых файлов) не берут на себя никаких обязательств по:

- 1) технической поддержке пользователей;
- 2) консультациям и рекомендациям;
- 3) ответам (в любой форме) на вопросы;
- 4) устранению выявленных ошибок и реализации замечаний/пожеланий пользователей;
- 5) обеспечению совместимости предыдущих, текущей и последующих версий файлов;
- 6) обеспечению регламентного функционирования файлов на конкретных компьютерах пользователей, в конкретных конфигурациях операционных систем и версий (редакций) Microsoft Office.

Любое утверждение (соображение), высказанное в книге, может быть признано ложным (некорректным, не соответствующим действительности и т.п.). Любой расчет, описанный в книге или выполненный с помощью прилагаемых файлов, может быть признан ошибочным. Авторы, издатели и распространители книги (и прилагаемых файлов) не несут никакой ответственности за трактовку читателями содержания настоящей книги, форму и методы использования ими информации, содержащейся в настоящей книге, и формы (методы, виды расчетов и т. п.) использования прилагаемых файлов (в том числе за правильность выполняемых расчетов).

## Тестирование файлов и обновления Excel

### Тестирование файлов

Расчетные файлы, рассмотренные в книге, успешно прошли тестирование в следующих средах:

ОС	Windows 95 OSR 2 русская редакция	Windows 95 OSR 2 английская редакция	Windows 98 русская редакция	Windows NT 4.0 WorkStation русская редакция	Windows 2000 русская редакция
Excel 97 русская редакция с установ- ленным пакетом SR-1	X		X	X	
Excel 97 английская редакция с установ- ленным пакетом SR-1		X			
Excel 2000 английская редакция с установ- ленным пакетом SR-1			X		
Excel 2000 русская редакция с установ- ленным пакетом SR-1			X	X	
Excel 2002 (XP) русская редакция			X		

### Обновление Excel 97

Сразу же после выпуска Excel 97 (и английской и русской редакций) в нем было выявлено множество ошибок — в частности, в Excel 97 некоторые важные

функции попросту не работали. Для их устранения компания Microsoft разработала пакет устранения ошибок и внесения усовершенствований Service Release 1 (SR-1). Этот пакет при установке улучшает функционирование не только Excel, но и других программ Microsoft Office 97. Начиная с некоторого времени Microsoft Office 97 начал поставляться с SR-1, включенным в его состав.

Рекомендуется обязательно обновить Microsoft Office 97 с помощью SR-1.

Для того чтобы выяснить, установлен ли этот пакет на вашем компьютере, необходимо в любой программе (Excel, Word, Power Point) щелкнуть пункт **О программе** (About) меню справки. Если в предьявленном окне будет указываться наличие SR-1 (рис. 4.1), значит, все в порядке.

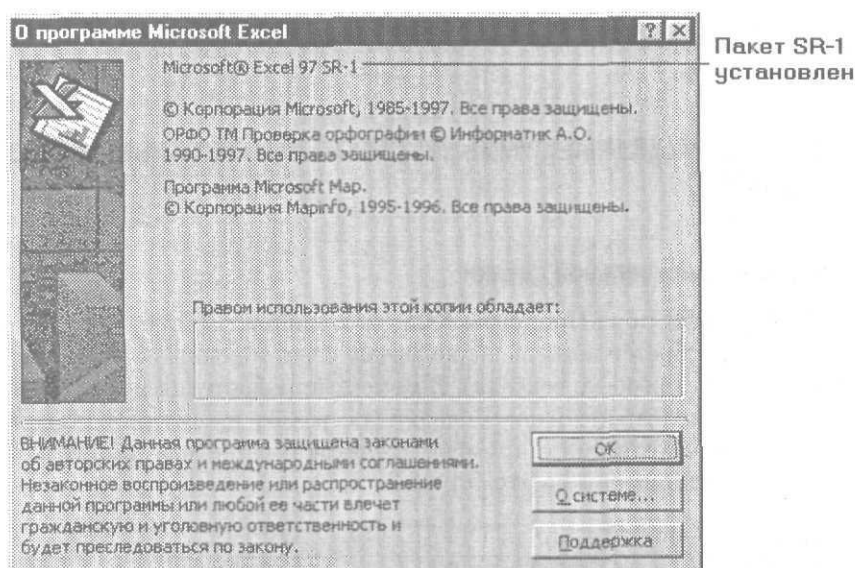


Рис. 4.1. Пакет SR-1 для Microsoft Office 97 установлен

Если SR-1 не установлен, то ссылку для его бесплатного «скачивания» (и для русской и для английской редакции Excel) вы найдете по адресу: <http://office.microsoft.com/rus/>.

При установке необходимо обязательно обратить внимание на то, для какой версии Excel (русской или английской) предназначен дистрибутив SR-1 — они разные! Устанавливать «иноязычный» SR-1 нельзя!

В настоящее время имеется пакет SR-2 (можно найти по упомянутому Интернет-адресу). Содержащиеся в нем исправления и дополнения несущественны, поэтому его использование не столь актуально, как использование SR-1.

#### Обновления следующих версий Excel

В настоящее время имеются пакеты обновлений и исправлений и для следующих версий Microsoft Office. Необходимую информацию вы сможете найти по тому же адресу. Целесообразность установки этих пакетов оцените самостоятельно.

## Часть 2. ПРОСТЫЕ ФИНАНСОВЫЕ РАСЧЕТЫ

Глава 5. Нарощенные суммы по простым и сложным процентным ставкам.  
Глава 6. Ренты.

### Глава 5. НАРОЩЕННЫЕ СУММЫ ПО ПРОСТЫМ И СЛОЖНЫМ ПРОЦЕНТНЫМ СТАВКАМ

#### Доходность вексельной сделки

Файл ПростИСложнПроценты.XLS, рабочий лист Лист1.

В банке приобретен вексель, по которому через год должно быть получено  $S$  р. (номинальная стоимость векселя). В момент приобретения цена векселя составляла  $P$  р. Определить доходность сделки (т.е. размер процентной ставки).

Расчетный рабочий лист, примеры расчетов и расчетные формулы в ячейках D12 и D15 представлены на рис. 5.1 и 5.2.

	A	B	C	D	E	F	G
1	Простые и сложные проценты						
2	Доходность вексельной сделки						
3	В банке приобретен вексель, по которому через год должно быть получено $S$ руб.						
4	(номинальная стоимость векселя). В момент приобретения цена векселя составляла $P$ руб.						
5	Определить доходность сделки (т.е. размер процентной ставки)						
7	Номинальная стоимость векселя	$S$	млн.руб.	42,0			
8	Цена векселя	$P$	млн.руб.	27,0			
9	Срок ссуды	$n$	год	1,5			
11	Доход инвестора						
12	$I = S - P = 42 - 27 = 15,0$ млн.руб						
14	Процентная ставка						
15	$= 15 / (27 * 1,5) = 0,37037$						
16	$i = \frac{I}{pn}$						
17							

Рис. 5.1. Расчет доходности вексельной сделки (пример 1)

ПродСтавка		= =D12/(D8*D9)					
	A	B	C	D	E	F	G
1	Простые и сложные проценты						
2	Доходность вексельной сделки						
3	В банке приобретен вексель, по которому через год должно быть получено S руб.						
4	(номинальная стоимость векселя). В момент приобретения цена векселя составляла P руб.						
5	Определить доходность сделки (т.е. размер процентной ставки)						
7	Номинальная стоимость векселя	S	млн.руб.	30,0			
8	Цена векселя	P	млн.руб.	20,0			
9	Срок ссуды	n	год	1,0			
11	Доход инвестора						
12	$I = S - P = 30 - 20 =$ 10,0 млн.руб						
14	Процентная ставка						
15	$I = 10 / (20 * 1) =$ 0,5						

Рис. 5.2. Расчет доходности вексельной сделки (пример 2)

### Простые проценты без изменения ставки

Файл ПростИСложнПроценты.XLS, рабочий лист Лист2.

Банк предоставил своему клиенту ссуду в размере  $P$  (млн р.) сроком на  $n$  (года) по ставке простых процентов, равной  $i\%$  годовых. Определить сумму процентов и сумму накопленного долга (наращенную сумму).

Расчетный рабочий лист, примеры расчетов и расчетные формулы в ячейках B9 и B12 представлены на рис. 5.3 и 5.4.

СуммаПроц		= =D7*D5*D6/100					
	A	B	C	D	E	F	G
1	Простые и сложные проценты						
2	Сумма процентов и сумма накопленного долга (простые проценты)						
3	(без изменения размера ставки)						
4							
5	Ссуда	P	млн.руб.	20			
6	Ставка простых процентов	i	%	80			
7	Срок	n	год	0,5			
9	Сумма процентов						
10	$I = pni$ 8 млн.руб.						
11							
12	Сумма накопленного долга						
13	$S = P + I = P + Pni = P(1+ni)$ 28 млн.руб.						

Рис. 5.3. Простые проценты без изменения ставки (пример 1)

СуммаНакоплДолга		=D5*(1+D7*(D6/100))				
	A	B	C	D	E	F
1	Простые и сложные проценты					
2	Сумма процентов и сумма накопленного долга (простые проценты)					
3	(без изменения размера ставки)					
4						
5	Ссуда	P	млн.руб.	42		
6	Ставка простых процентов	i	%	60		
7	Срок	n	год	1,5		
8						
9	Сумма процентов					
10	$I = pni$		37,8 млн.руб.			
11						
12	Сумма накопленного долга					
13	$S = P + I = P + Pni = P(1+ni)$		79,8 млн.руб.			

Рис. 5.4. Простые проценты без изменения ставки (пример 2)

### Простые проценты с изменением ставки

При заключении кредитного соглашения может быть установлена постоянная на весь период или изменяющаяся процентная ставка. В этом разделе рассматривается вариант, при котором первый период расчета ставки имеет продолжительность и размер ставки, отличающиеся от соответствующих параметров последующих периодов. Все последующие периоды, начиная со второго, имеют **ОДИНАКОВУЮ** продолжительность. Кроме этого, в этих периодах ставка процента увеличивается по сравнению с предыдущим периодом на **ОДНУ** и **ТУ ЖЕ** величину.

#### ЗАМЕЧАНИЕ

Возможны и более сложные случаи, когда продолжительность периодов является переменной (изменяется на переменную величину) или/и величина увеличения процентной ставки от периода к периоду является переменной. Такие ситуации здесь не рассматриваются.

Файл **ПростИСложнПроценты.XLS**, рабочий лист **Лист3**.

Банк предоставил своему клиенту ссуду в размере  $P$  (млн р.) сроком на  $n$  (года) по ставке простых процентов, равной  $i\%$  годовых. Определить сумму процентов и сумму накопленного долга (наращенную сумму).

Общая формула для выполнения такого расчета такова:

$$S = p(1 + \sum_1^m n_i i_t)$$

Так как в нашем случае известно, что все характеристики (продолжительность периода и величина, на которую в этом периоде увеличивается процентная став-

ка) периодов начиная со второго, одинаковы, то эту формулу можно представить так:

$$S = p(1 + \sum_1^m n_i i_t)$$

При этом мы знаем, что во всех элементах суммы  $n_i i_t$  значение  $n_i$  представляет собой одну и ту же величину, кроме этого, значение  $i_t$  в очередном элементе суммы отличается от значения  $i_t$  в предыдущем и/или следующем на одну и ту же величину (наращения процентной ставки в очередной период).

Расчетный рабочий лист, примеры расчетов и расчетные формулы в ячейках E14 и D12 представлены на рис. 5.5 и 5.6.

E14		=D10*(1+\$D\$6*\$D\$5/100+СуммПрозПеремСтавки(D5;D7;D9;D8)/100)				
	A	B	C	D	E	F
2	Сумма процентов и сумма накопленного долга (простые проценты)					
3	(при переменном размере ставки)					
4						
5	Ставка за первый срок	$i_1$	%	60	Нарощенная ставка при переменной	
6	Срок 1	$n_1$	год	1,5	процентной ставке	
7	Увеличение ставки за каждый след. срок 2	$i_2$	%	8	$S = p(1 + \sum_1^m n_i i_t)$	
8	Продолжительность периода срок 2	$n_2$	год	0,25		
9	Кол-во периодов срок 2	$m-1$		4		
10	Сумма кредита	P	млн.руб.	50		
11					$S = p(1 + n_1 i_1 + \sum_2^{m-1} n_i i_t)$	
12	Общий период кредитования	N	год	2,5		
13					135 млн.руб.	
14						

Рис. 5.5. Простые проценты с изменением ставки (пример 1)

В данном случае клиент за первые полтора года использования кредита должен вернуть сумму из расчета 60% годовых, за следующий год использования кредита клиент должен вернуть сумму, рассчитанную с учетом того, что каждый квартал (из этого последнего года) ставка годовых увеличивается на 8% по сравнению со ставкой предыдущего периода. То есть в течение 7-го квартала (после истечения первого срока продолжительностью 1,5 года) использования кредита ставка составляет 68% годовых, в 8-й квартал — 76%, в 9-й квартал — 84%, в 10-й квартал — 92%.

Если бы на листе использовалась развернутая подстановочная формула, то она выглядела бы так:

$$=50*(1+1,5*0,6+0,25*0,68+0,25*0,76+0,25*0,84+0,25*0,92) = 135.$$

#### ЗАМЕЧАНИЕ

Для данной задачи практически невозможно создать подобную подстановочную формулу — переменное количество элементов формулы (периодов изменения процентной ставки и соответствующих произведений) делает слишком сложной конструкцию на основе функции =СЦЕПИТЬ()

D12		=D6+D9*D8					
	A	B	C	D	E	F	G
2	Сумма процентов и сумма накопленного долга (простые проценты)						
3	(при переменном размере ставки)						
4							
5	Ставка за первый срок	$i_1$	%	50	Наращенная ставка при переменной		
6	Срок 1	$n_1$	год	1/12	процентной ставке		
7	Увеличение ставки за каждый след. срок 2	$i_2$	%	2	$S = p(1 + \sum_1^m n_t i_t)$		
8	Продолжительность периода срок 2	$n_2$	год	1/12			
9	Кол-во периодов срок 2	$m-1$		11	$S = p(1 + n j_1 + \sum_2^{m-1} n_t i_t)$		
10	Сумма кредита	P	млн.руб.	60			
11							
12	Общий период кредитования	N	год	1			
13							
14	96,6 млн.руб.						

Рис. 5.6. Простые проценты с изменением ставки (пример 2)

**ЗАМЕЧАНИЕ**

В данном примере ячейкам D6 и D8 задан дробный формат. В соответствии с этим в них находится значение  $1/12 = 0,0833333333333333$  (один месяц (одна двенадцатая часть года) равен 0,0833...года).

В данном случае клиент за первый месяц использования кредита должен вернуть сумму из расчета 50% годовых, а затем каждый месяц ставка годовых увеличивается на 2% (2-й месяц – 52%, 3-й месяц – 54%, .....12-й месяц – 72%).

Сумму  $\sum_2^{m-1} n_t i_t$  (это общее количество процентов, накопленных за периоды, начиная со второго (не путать с суммой, накопленной в виде процентов!) удобнее всего рассчитывать с помощью VBA-функции. Вот ее исходный текст:

```
Function СуммПроцПеремСтавки( _
    НачПроцСтавка As Single, _
    ИзменениеПроцСтавки As Single, _
    Кол_воПериодов As Integer, _
    РазмерПериода As Single)
```

' НачПроцСтавка – ставка, под которую выдана ссуда (кредит) на первый

' период

' ИзменениеПроцСтавки – величина, на которую изменяется ставка в каждый очередной период, начиная со второго.



```
' Это значение может быть отрицательным,  
' что означает уменьшение (с течением времени)  
' «процентного» бремени на получателя кредита  
'  
' Кол_воПериодов - количество периодов,  
' начиная со второго  
' (первый период здесь не учитывается!)  
'  
' РазмерПериода - продолжительность периода -  
' все периоды, начиная со второго имеют одинаковую  
' продолжительность.  
' В качестве базовой единицы принят год,  
' поэтому здесь продолжительность может быть  
' равна части года  
' (0,25 - квартал, 1/12 - месяц, 0,6 - полгода), одному году  
' или нескольким годам  
  
Dim ТекущаяСтавка As Single  
ТекущаяСтавка = НачПроцСтавка  
  
СуммПроцПеремСтавки = 0  
  
For Цикл = 1 To Кол_воПериодов  
    ТекущаяСтавка = ТекущаяСтавка + ИзменениеПроцСтавки  
    СуммПроцПеремСтавки = СуммПроцПеремСтавки + _  
        ТекущаяСтавка * РазмерПериода  
Next  
  
End Function
```

Использование такой достаточно простой VBA-функции в данном случае (как и во многих других подобных) является весьма целесообразным. Поясним это на примере с большим количеством периодов изменения процентной ставки.

Допустим, вместо собственной функции мы использовали бы большое количество ячеек для расчета процентной ставки для каждого периода и произведений процентных ставок на продолжительность периода. В этом нет ничего невозможного — Excel имеет все необходимое для осуществления этой затеи с помощью толь-

ко встроенных функций (в частности, нет проблемы в том, чтобы рассчитывать значения ставок и произведений только для необходимого (переменного) количества периодов. Однако мы сталкиваемся с серьезной проблемой — на какое максимально возможное количество периодов формировать такую структуру? Например, если кредит выдан на 10 лет, причем происходит ежемесячное изменение ставки (на какую-нибудь небольшую величину), то мы имеем дело со 119 периодами изменения ставки! А циклический (внутри функции) расчет количества процентов позволяет нам обработать любое количество периодов изменения процентной ставки, причем без проблем с огромным количеством расчетных ячеек.

Именно по этой причине здесь не используется функция =БЗРАСПИС(), хотя, на первый взгляд, она была бы вполне уместна. В качестве второго аргумента этой функции необходимо передать массив заранее рассчитанных процентных ставок, для этого мы также должны были бы заранее рассчитать их все в большом количестве ячеек.

#### **ЗАМЕЧАНИЕ**

Очень мощная функция =БЗРАСПИС() позволяет проводить расчеты и для простых процентов (с фиксированной и плавающей ставкой) и для сложных процентов (с фиксированной и плавающей ставкой).

Здесь же необходимо отметить, что наш пример работает в том случае, если ставка процентов «плавает» (увеличивается или уменьшается) от периода к периоду на одну и ту же величину. Если же эта величина от периода к периоду может быть разной, то эти значения необходимо вручную вводить в качестве исходных данных для каждого периода (и, соответственно, рассчитывать ставки для этих периодов и произведения ставок на продолжительность периодов). Так как в этом случае придется вводить значения изменяемой величины для всех периодов, то здесь же можно будет учесть и различную продолжительность периодов. Формирование массива ячеек неизбежно, так что в такой ситуации вполне подойдет функция =БЗРАСПИС().

Кроме этого, уважаемые читатели, обратите внимание, что в этом разделе речь шла только о расчете абсолютных наращенных сумм. В то же время необходимо понимать, что приемлемость условий кредитования для заемщика и кредитора в значительной степени зависят от периодичности выплат и периодичности начисления процентов. Эти вопросы оптимизации денежных потоков рассматриваются в соответствующих разделах.

#### **Сложные проценты без изменения ставки**

Сложные проценты отличаются от простых тем, что при этом методе исчисления процентов на наращенные в предыдущем периоде суммы вновь начисляются проценты, то есть происходит многократное наращение (в некоторых источниках этот процесс называют капитализацией процентного дохода).

В этом разделе рассматривается достаточно простой случай, когда ставка годовых неизменна на весь период выдачи кредита, а вся наращенная сумма (кредит плюс сумма в виде процентов) погашается сразу (только один раз) в конце срока предоставления кредита.

Стандартная формула расчета сложных процентов:

$$S_n = P(1 + i)^n,$$

где  $P$  — кредит,  $n$  — количество периодов,  $i$  — процентная ставка на период.

Таким образом, в конце первого периода предоставления кредита наращенная сумма составит:

$S_n = P(1 + i)$ , в конце второго —  $S_n = P(1 + i)^2$ , в конце третьего —  $S_n = P(1 + i)^3$  и т.д.

В рабочем листе для этого расчета мы в учебных целях привели и формулу, основанную на стандартных математических функциях Excel, и формулу, основанную на финансовой функции =БЗ(). Естественно, что в каждом примере эти формулы дают один и тот же результат.

Итак, рассмотрим пример.

Файл **ПростИСложнПроценты.XLS**, рабочий лист **Лист4**.

Расчетный рабочий лист, примеры расчетов и расчетные формулы в ячейках В10 и Е10 представлены на рис. 5.7 и 5.8.

В10		=D5*СТЕПЕНЬ(1+D7/100;D6)				
	A	B	C	D	E	F
1	Простые и сложные проценты					
2	Сумма накопленного долга (сложные проценты)					
3	(без изменения ставки)					
4						
5	Кредит	P	млн.руб	140		
6	Количество периодов	n	год	4		
7	Процентная ставка на период	i	%	20		
8						
9					формула	БЗ
10	Сумма погашения долга :	290,304	млн.руб		-290,304	млн.руб
11	$S_n = P(1 + i)^n$					

Рис. 5.7. Сложные проценты без изменения ставки (пример 1)

Е10		=БЗ(D7/100;D6;;D5;0)				
	A	B	C	D	E	F
1	Простые и сложные проценты					
2	Сумма накопленного долга (сложные проценты)					
3	(без изменения ставки)					
4						
5	Кредит	P	млн.руб	40		
6	Количество периодов	n	год	3		
7	Процентная ставка на период	i	%	32		
8						
9					формула	БЗ
10	Сумма погашения долга :	91,99872	млн.руб		-91,9987	млн.руб
11	$S_n = P(1 + i)^n$					

Рис. 5.8. Сложные проценты без изменения ставки (пример 2)

Если с формулой в ячейке В10 все ясно, так как она является «прямым» отображением теоретической формулы, то по стандартной функции =БЗ() необходимы некоторые пояснения. Достаточно подробные комментарии приведены в помощи Excel и многочисленных справочниках-учебниках, поэтому здесь мы дадим пояснения, относящиеся только непосредственно к нашему примеру.

Сразу отметим, что функция =БЗ() предназначена для расчета денежных потоков (в том числе для «цепочечного» расчета периодических выплат), то ее возможности гораздо шире используемых в этом расчете.

Первый параметр функции – значение ставки на период (приведенное к сотым долям от единицы), второй – количество периодов, третий параметр опущен, так как он указывает плату, производимую за каждый период, четвертый – текущая стоимость, от которой отсчитываются суммы в виде платежей за каждый период, пятый параметр указывает на то, когда производятся периодические выплаты – в начале или конце периода, так как в нашем случае третий параметр не указан, то значение пятого параметра, 0 или 1, не важно (он также может быть не указан).

Логика работы функции предполагает, что в конце периода деньги придется отдавать, а не получать, поэтому в данном случае функция возвращает отрицательный результат. Если бы расчет производился с точки зрения кредитора (банкира), то сумму кредита (ячейка D5) нужно было бы указывать отрицательной. В этом случае функция вернула бы положительный результат, что вполне логично – кредитор сначала отдает деньги (отрицательное исходное значение), а по истечении срока кредитования получает их (положительное итоговое значение).

### Сложные проценты с изменением ставки

Достаточно часто банки, предоставляя долгосрочные кредиты, используют изменяющиеся во времени, но заранее фиксированные для каждого периода ставки сложных процентов. В этом случае наращенная сумма рассчитывается по формуле:

$$S_n = P(1+i_1)^{n_1} \cdot (1+i_2)^{n_2} \cdot \dots \cdot (1+i_{12})^{n_k},$$

где  $i_1, i_2, i_{12}$  – последовательные значения ставок процентов,

$n_1, n_2, n_k$  – периоды, в течение которых используются соответствующие ставки.

Итак, в банке получен кредит на сумму  $P$  (млн р.) сроком на  $N$  лет, причем для разных лет установлены разные (фиксированные) значения ставок. Значения ставок для каждого периода (года) указываются в качестве исходных данных (на их основе рассчитываются приведенные процентные ставки).

Файл **ПростИСложнПроценты.XLS**, рабочий лист **Лист5**.

Рабочий лист и примеры расчетов представлены на рис. 5.9 и 5.10. На этих же рисунках приведена основная расчетная формула на основе функции =БЗРАСПИС() (ячейка G18), а также одна из формул расчета приведенной процентной ставки (ячейка E7, принцип один и тот же для всех ячеек E7:E18).

g18		=БЗРАСПИС(D5;E7:E16)							
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Простые и сложные проценты								
2	Сумма накопленного долга (сложные проценты)								
3	(с изменением ставки)								
4									
5	Кредит	P	млн.руб.	120					
6	Процентная ставка				Приведенная				
7	1 год	n1	%	11,00	0,1100				
8	2 год	n2	%	12,00	0,1200				
9	3 год	n3	%	14,00	0,1400				
10	4 год	n4	%	16,00	0,1600				
11	5 год	n5	%	16,00	0,1600				
12	6 год	n6	%	16,00	0,1600				
13	7 год	n7	%	14,00	0,1400				
14	8 год	n8	%	12,00	0,1200				
15	9 год	n9	%	11,00	0,1100				
16	10 год	n10	%	11,00	0,1100	Сумма долга, подлежащая погашению в конце срока займа:			
17	11 год	n11	%	11,00	0,1100				
18	12 год	n12	%	11,00	0,1100				
19	$S_n = P(1 + i_1)^{n_1} \cdot (1 + i_2)^{n_2} \dots (1 + i_{12})^{n_k}$								
20									
21									

Рис. 5.9. Сложные проценты с изменением ставки (пример 1)

E7		=D7/100							
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Простые и сложные проценты								
2	Сумма накопленного долга (сложные проценты)								
3	(с изменением ставки)								
4									
5	Кредит	P	млн.руб.	100					
6	Процентная ставка				Приведенная				
7	1 год	n1	%	10,50	0,1050				
8	2 год	n2	%	12,00	0,1200				
9	3 год	n3	%	12,75	0,1275				
10	4 год	n4	%	12,75	0,1275				
11	5 год	n5	%	12,75	0,1275				
12	6 год	n6	%		0,0000				
13	7 год	n7	%		0,0000				
14	8 год	n8	%		0,0000				
15	9 год	n9	%		0,0000				
16	10 год	n10	%		0,0000	Сумма долга, подлежащая погашению в конце срока займа:			
17	11 год	n11	%		0,0000				
18	12 год	n12	%		0,0000				
19	$S_n = P(1 + i_1)^{n_1} \cdot (1 + i_2)^{n_2} \dots (1 + i_{12})^{n_k}$								
20									
21									

Рис. 5.10. Сложные проценты с изменением ставки (пример 2)

Как видно из рис. 5.10, в данном случае пользователь легко может изменить количество периодов, на которые выдается кредит. Для этого не нужно менять

аргументы функции =БЗРАСПИС()! Необходимо всего лишь очищать ячейки процентных ставок сразу после последнего периода срока, на который выдан кредит.

Обратите внимание, что функции =БЗРАСПИС() важны количество периодов и значения приведенных процентных ставок. Продолжительность же периодов не имеет никакого значения, так как она должна быть учтена при расчете приведенного значения. Поэтому на основе этого рабочего листа можно с минимальными трудозатратами разработать структуру для расчета наращенной суммы в случаях выдачи кредита не только с годовой периодичностью изменения ставок. Можно в качестве минимального периода выбрать, например, месяц. В том случае, если исходные ставки указаны в виде процентов годовых, то формулы расчета приведенных значений ставок кроме делителя 100 должны содержать делитель 12 (ставка процентов на месяц равна 1/12-й ставки годовых).

### Сравнение расчетов по формулам сложных и простых процентов и смешанным методом

Выполнение финансовых вычислений по простым и сложным процентам дает неодинаковые результаты. Различия между ними обусловлены сроками сделок, при этом всегда рассматривается ставка ГОДОВЫХ процентов.

При равной величине простых и сложных процентных ставок ( $i_n = i_c$ ) при сроке ссуды менее одного года ( $n < 1$ ) наращенная сумма, вычисленная по простым процентам, будет больше наращенной суммы, вычисленной по сложным процентам, так как:

$$(1 + ni_n) > (1 + i_c)^n.$$

При сроке сделки больше года ( $n > 1$ ) наращение по сложным процентам опережает наращение по простым процентам.

В случае, когда период кредитования выражен дробным числом, начисление процентов может выполняться двумя методами – по формуле сложных процентов

$$S = P(1 + i)^{a+b}$$

и смешанным методом

$$S = P(1 + i)^a(1 + bi),$$

где  $n = a + b$  – период сделки,

$a$  – целое число лет,

$b$  – дробная часть года.

Для расчета по формуле сложных процентов мы можем «собрать» свою формулу или воспользоваться встроенной функцией =БЗ(), а для расчета смешанным методом – только использовать свою формулу.

Расчет выполняется с помощью рабочего листа **Лист6** файла **ПростИСложнПроценты.XLS**.

Примеры расчетов для различных периодов (меньше / больше года, целое / дробное количество лет), а также все три расчетные формулы (ячейки С13, F13, С16) представлены на рис. 5.11, 5.12, 5.13, 5.14. Во всех примерах видна разница между результатами расчетов, выполненных по различным методам – при одних и тех же исходных данных.

**ЗАМЕЧАНИЕ**

Мы рекомендуем посмотреть рисунки и поэкспериментировать с этим рабочим листом, подставляя различные исходные значения. Особое внимание уделите закономерным различиям результатов (больше – меньше по различным методам) в зависимости от того, какова продолжительность периода кредитования:

- равна целому количеству лет (без дробной части);
- равна одному году;
- равна меньше года;
- равна целому числу лет + доля года.

Обратите также внимание на следующие нюансы:

- продолжительность периода кредитования может быть указана дробным числом, при этом количество дней должно быть равно 0 (рис. 5.14);
- продолжительность года в днях указывается отдельным значением, так как стороны, договаривающиеся о получении/предоставлении кредита могут принять продолжительность года равной 360 или 365 дням.

C12		=D5*СТЕПЕНЬ(1+D8/100,D6+D7/D9)	
A	B	C	D
1	Простые и сложные проценты		
2	Сумма накопленного долга		
3	(без изменения ставки, сравнение трех методов расчетов)		
4			
5	Кредит	P млн.руб.	250
6	Срок - целых лет	a год	2
7	и кол-во дней	b дней	270
8	Процентная ставка	i %	9,5
9	Продолжительность года	K дней	360
10			
11	а) Формула сложных процентов: $S = P(1+i)^{a+b}$		B3
12		320 869795 млн.руб.	-320 869795 млн.руб.
13			
14	б) Смешанный метод: $S = P(1+i)^a(1+bi)$		
15		321,113863 млн.руб.	
16			
17	в) Формула простых процентов:		
18		315,312500 млн.руб.	
19			

Рис. 5.11. Сравнение различных методов расчетов (пример 1)

F12		=B3*(D8/100,D6+D7/D9, D5,0)	
A	B	C	D
1	Простые и сложные проценты		
2	Сумма накопленного долга		
3	(без изменения ставки, сравнение трех методов расчетов)		
4			
5	Кредит	P млн.руб.	250
6	Срок - целых лет	a год	3
7	и кол-во дней	b дней	0
8	Процентная ставка	i %	9,5
9	Продолжительность года	K дней	360
10			
11	а) Формула сложных процентов: $S = P(1+i)^{a+b}$		B3
12		328 233094 млн.руб.	-328 233094 млн.руб.
13			
14	б) Смешанный метод: $S = P(1+i)^a(1+bi)$		
15		328 233094 млн.руб.	
16			
17	в) Формула простых процентов:		
18		321,250000 млн.руб.	
19			

Рис. 5.12. Сравнение различных методов расчетов (пример 2)

C15		=D5*(СТЕПЕНЬ(1+D6/100,D6)*(1+D7/D9*D6/100))	
A	B	C	D
1	Простые и сложные проценты		
2	Сумма накопленного долга		
3	(без изменения ставки, сравнение трех методов расчетов)		
4			
5	Кредит	P млн.руб.	250
6	Срок - целых лет	a год	1
7	и кол-во дней	b дней	0
8	Процентная ставка	i %	9,5
9	Продолжительность года	K дней	360
10			
11	а) Формула сложных процентов	$S = P(1+i)^{ab}$	53
12		273,750000 млн.руб.	-273,750000 млн.руб.
13			
14	б) Смешанный метод	$S = P(1+i)^a(1+bi)$	
15		273,750000 млн.руб.	
16			
17	в) Формула простых процентов		
18		273,750000 млн.руб.	

Рис. 5.13. Сравнение различных методов расчетов (пример 3)

C16		=D5*(1+D6/100*(D6+D7/D9))	
A	B	C	D
1	Простые и сложные проценты		
2	Сумма накопленного долга		
3	(без изменения ставки, сравнение трех методов расчетов)		
4			
5	Кредит	P млн.руб.	250
6	Срок - целых лет	a год	0,25
7	и кол-во дней	b дней	0
8	Процентная ставка	i %	9,5
9	Продолжительность года	K дней	360
10			
11	а) Формула сложных процентов	$S = P(1+i)^{ab}$	53
12		255,736984 млн.руб.	-255,736984 млн.руб.
13			
14	б) Смешанный метод	$S = P(1+i)^a(1+bi)$	
15		255,736984 млн.руб.	
16			
17	в) Формула простых процентов		
18		255,937500 млн.руб.	

Рис. 5.14. Сравнение различных методов расчетов (пример 4)

### Номинальная ставка

При получении/предоставлении кредитов часто предусматривается капитализация процентов несколько раз в году — по месяцам, кварталам, полугодиям.

Использование месячной, квартальной или полугодовой ставки усложнило бы расчеты и условия кредитных контрактов, поэтому зачастую используется следующий подход. В условиях кредита оговаривается размер годовой ставки (которая в таких случаях называется **НОМИНАЛЬНОЙ**), а так же число периодов ( $m$ ) начисления процентов в году.

### ЗАМЕЧАНИЕ

Теоретическая формула в данном случае является достаточно простой, поэтому здесь мы сразу перейдем к примерам.



Файл **ПростИСложнПроценты.XLS**, рабочий лист **Лист7**.

Рабочий лист, примеры расчетов (для различных сочетаний сроков (целое/нецелое число лет) кредитования и количества раз начислений) и расчетные формулы представлены на рис. 5.15, 5.16, 5.17, 5.18.

Обратите внимание, что срок кредитования задается в месяцах, а приводится к числу лет, так как задается ставка ГОДОВЫХ процентов.

Из этих примеров видно, что при увеличении числа периодов начисления процентов (сокращения продолжительности периодов между начислениями) возрастает темп прироста наращенная (при тех же значениях годовой ставки, срока кредитования и размера кредита).

B14		=D5*СТЕПЕНЬ(1+D7/100/D8;D6/12*D8)		
A	B	C	D	
1	Простые и сложные проценты			
2	Номинальная ставка			
3				
4				
5	Кредит	P	млн.руб.	140
6	Срок	n	месяц	36
7	Процентная ставка годовых	j	%	16
8	Начисления (раз в год)	m		4
9				
10	N - число периодов начисления процентов за весь срок контракта			
11	N = nm			
12				
13	Нарощенная сумма, подлежащая возврату			
14	$S = P (1 + j / m)^N$	224,14451060	млн.руб.	
15	B3	-224,14451060	млн.руб.	

Рис. 5.15. Номинальная ставка (пример 1)

B15		=B3(D7/100/D8;D6/12*D8;0;D5)		
A	B	C	D	
1	Простые и сложные проценты			
2	Номинальная ставка			
3				
4				
5	Кредит	P	млн.руб.	140
6	Срок	n	месяц	36
7	Процентная ставка годовых	j	%	16
8	Начисления (раз в год)	m		12
9				
10	N - число периодов начисления процентов за весь срок контракта			
11	N = nm			
12				
13	Нарощенная сумма, подлежащая возврату			
14	$S = P (1 + j / m)^N$	225,53392376	млн.руб.	
15	B3	-225,53392376	млн.руб.	

Рис. 5.16. Номинальная ставка (пример 2)

B14 = =D5*СТЕПЕНЬ(1+D7/100/D8;D6/12*D8)				
	A	B	C	D
1	Простые и сложные проценты			
2	Номинальная ставка			
3				
4				
5	Кредит	P	млн.руб.	140
6	Срок	n	месяц	18
7	Процентная ставка годовых	j	%	16
8	Начисления (раз в год)	m		4
9				
10	N - число периодов начисления процентов за весь срок контракта			
11	N = nm			
12				
13	Наращенная сумма, подлежащая возврату :			
14	$S = P (1 + j / m)^N$	177,14466259	млн.руб.	
15	B3	-177,14466259	млн.руб.	
16				

Рис. 5.17. Номинальная ставка (пример 3)

B15 = =B3(D7/100/D8;D6/12*D8;0;D5)				
	A	B	C	D
1	Простые и сложные проценты			
2	Номинальная ставка			
3				
4				
5	Кредит	P	млн.руб.	140
6	Срок	n	месяц	18
7	Процентная ставка годовых	j	%	16
8	Начисления (раз в год)	m		12
9				
10	N - число периодов начисления процентов за весь срок контракта			
11	N = nm			
12				
13	Наращенная сумма, подлежащая возврату :			
14	$S = P (1 + j / m)^N$	177,69285109	млн.руб.	
15	B3	-177,69285109	млн.руб.	
16				

Рис. 5.18. Номинальная ставка (пример 4)

### Номинальная и эффективная ставки

Эффективная ставка позволяет рассчитать реальный относительный доход, который получит кредитор в целом за год. Для кредитополучателя это реальная величина относительных расходов за использование полученного в кредит капитала.

Следовательно, эффективная ставка означает размер годовой ставки сложных процентов, которую необходимо установить, чтобы получить такой же доход, как и при начислении процентов  $m$  раз в году по ставке  $j/m$ .

В Excel имеются две простых встроенных функции, выполняющих обратные действия:

=ЭФФЕКТ() рассчитывает значение эффективной ставки на основе заданных значений **НОМИНАЛЬНОЙ** ставки и количества периодов начислений в году;

=НОМИНАЛ() рассчитывает значение эффективной ставки на основе заданных значений **ЭФФЕКТИВНОЙ** ставки и количества периодов начислений в году.

Пример обратных расчетов представлен на рабочем листе **Лист8** файла **ПростИСложнПроценты.XLS** (рис. 5.19).

Стрелками на этом рисунке показаны взаимообратные значения эффективной и номинальной ставки.

В ячейках D8:D11 находятся формулы

=ЭФФЕКТ(\$E\$5;B8)\*100,

=ЭФФЕКТ(\$E\$5;B9)\*100,

=ЭФФЕКТ(\$E\$5;B10)\*100,

=ЭФФЕКТ(\$E\$5;B11)\*100.

Здесь первым параметром является значение приведенной номинальной ставки, а второй параметр представляет собой ссылку на ячейку с соответствующим числом периодов начислений.

В ячейках D18:D21 находятся формулы

=НОМИНАЛ(\$E\$15;B18),

=НОМИНАЛ(\$E\$15;B19),

=НОМИНАЛ(\$E\$15;B20),

=НОМИНАЛ(\$E\$15;B21).

Здесь первым параметром является значение приведенной эффективной ставки, а второй параметр представляет собой ссылку на ячейку с соответствующим числом периодов начислений.

Пример получения аналогичных финансовых результатов при использовании взаимообратных значений номинальной и эффективной ставок содержится на рабочем листе **Лист9** файла **ПростИСложнПроценты.XLS** (рис. 5.20).

Здесь мы не приводим подробный анализ этого листа — читатели вполне смогут сделать это самостоятельно. Отметим только, что в учебных целях мы в расчетах не использовали функции =ЭФФЕКТ() и =НОМИНАЛ().

Мы использовали собственные формулы:

=СТЕПЕНЬ(1+D6/100/D7;D7)-1 в ячейке D9;

=D12\*СТЕПЕНЬ(1+D13/100;D14) в ячейке G13;

=D17\*СТЕПЕНЬ(1+D18/100/D20;D19\*D20) в ячейке G18.

Очевидно, что использование встроенных функций =ЭФФЕКТ() и =НОМИНАЛ() позволит упростить эти формулы.

D8		=ЭФФЕКТ(\$E\$5,B8)*100	
A	B	C	D
1	Номинальная и эффективная ставки		
2	Взаимный перерасчет (функции =ЭФФЕКТ() и =НОМИНАЛ())		
3			
4	Исходное значение номинальной ставки, %		18
5	Номинальная ставка		0,18
6			
7	Кол-во начислений в году	Эффективная ставка, %	
8	12		19,561817
9	4		19,251860
10	2		18,810000
11	1		18,000000
12			
13			
14	Исходное значение эффективной ставки, %		19,561817
15	Эффективная ставка		0,195618
16			
17	Кол-во начислений в году	Номинальная ставка, %	
18	12		0,180000
19	4		0,182713
20	2		0,186687
21	1		0,195618

Рис. 5.19. Взаимный перерасчет номинальной и эффективной ставки

G18		=D17*СТЕПЕНЬ(1+D18/100/D20;D19*D20)	
A	B	C	D
1	Простые и сложные проценты		
2	Номинальная и эффективная ставки		
3	аналогичные финансовые результаты при соответствующих значениях		
4	номинальной и эффективной ставок		
5			
6	Номинальная ставка	j	% 18
7	Начисления ежеквартально	m	4
8			
9	Эффективная ставка	$i_e = (1 + j/m)^m - 1$	0,19251860 = 19,25186006%
10			
11	Предположим:		
12	Кредит	m	млн.руб. 80
13	Ставка	i	% 19,25186006 $S = P(1+i)^n$ 113,768049 млн.руб.
14	Срок	n	года 2
15			
16	Изменим условия примера		
17	Кредит	m	млн.руб. 80
18	Ставка	j	% 18 $S = P(1 + j/m)^{nt}$ 113,768049 млн.руб.
19	Срок	n	года 2
20	Начисления ежеквартально	m	4
21			
22	Следовательно, i и j эквивалентны в финансовом отношении		

Рис. 5.20. Аналогичные финансовые результаты при использовании соответствующих значений номинальной и эффективной ставки

### Непрерывное начисление процентов

В некоторых случаях финансовые операции используют метод непрерывного начисления процентов.

Рассмотрим «пошаговое» приведение формулы начисления процентов  $m$  раз в году к формуле непрерывного начисления процентов.

Итак, уже известная нам формула  $S = P(1 + j/m)^{m \cdot n}$ , (где  $m$  — количество начислений в году,  $n$  — количество лет будет такой:

$S = P(1 + j/m)^n$  — при начислении процентов 1 раз в году;

$S = P(1 + j/m)^{2n}$  — при начислении процентов один раз в полгода;

$S = P(1 + j/m)^{4n}$  — при начислении процентов ежеквартально;

$S = P(1 + j/m)^{12n}$  — при начислении процентов ежемесячно;

$S = P(1 + j/m)^{360n}$  или  $S = P(1 + j/m)^{365n}$  — при начислении процентов ежедневно.

Однако в случае непрерывного начисления процентов  $m$  стремится к бесконечности. Соответственно множитель  $(1 + j/m)^{m \cdot n}$  стремится к  $e^m$ , так как:

$$e^m = \lim_{m \rightarrow \infty} (1 + 1/m)^m.$$

Следовательно, наращенная сумма при непрерывном начислении процентов по ставке  $j$  равна

$$S = P e^{jn}.$$

Пример расчета, демонстрирующего различие результатов при различных периодах начисления процентов и непрерывным начислением процентов, представлен на рабочем листе **Лист10** файла **ПростИСложнПроценты.XLS** (рис. 5.21).

нв		=D4*EXP(D6/100*D5)	
A	B	C	D
1	Простые и сложные проценты		
2	Непрерывное начисление процентов		
3			
4	Кредит	P млн.руб.	80
5	Срок	n год	4
6	Процент	j %	12
7			
8	а) начисления один раз в год		в) непрерывно : 129,285952 млн.руб.
9			
10	$S = P(1 + j)^n$	125,881549 млн.руб.	$S = P e^{jn}$
11			
12			
13	б) ежедневно :	m = 365 дней	
14			
15	$S = P(1 + j/m)^{m \cdot n}$	129,275754 млн.руб.	
16			

Рис. 5.21. Непрерывное начисление процентов

### Дисконтированная (приведенная) стоимость

Понятие «дисконтированная стоимость» в финансовом менеджменте в большинстве случаев используется при решении следующей задачи.

Какую сумму необходимо инвестировать каким-либо образом (положить в банк и т.п.) на  $n$  лет, чтобы при начислении на нее процентов по ставке  $i$  получить определенную наращенную сумму  $S$ . (Эта задача является обратной задаче расчета наращенной стоимости.)

Очевидно, что значение ставки и значение дисконтированной стоимости находятся в обратной зависимости: чем больше ставка, тем меньше может быть начальная сумма при прочих равных условиях.

Мы не будем подробно рассматривать расчетные формулы — их легко вывести на основе формул расчета наращенных сумм, приведенных в главе 5.

Сразу перейдем к анализу примеров.

Упрощенно примеры можно трактовать так: клиент имеет возможность разместить в банке вклад на  $t$  лет под  $i\%$  годовых. Какая необходима начальная сумма вклада  $P$ , если через год клиент хочет получить сумму  $S$ ?

В общем случае примеры следует рассматривать так: какова должна быть исходная сумма  $P$  (современная величина) в начале финансовой операции, чтобы по ее окончании была получена сумма  $S$ , при следующих условиях: срок операции —  $n$  лет, годовая ставка процентов —  $i$ , количество периодов начисления процентов в году —  $m$ .

Для решения этой задачи Excel содержит встроенную функцию =ПЗ(). Соответствующие вычисления можно выполнить с помощью рабочего листа Лист11 файла ПростИСложнПроценты.XLS.

Примеры расчетов (с различными сроками операций и числом периодов начислений) представлены на рис. 5.22, 5.23, 5.24. Во всех случаях функция =ПЗ() возвращает отрицательное значение, ведь мы сначала должны отдать исходную сумму, чтобы по окончании операции получить требуемую.

	A	B	C	D
1	Простые и сложные проценты			
2	Дисконтированная стоимость			
3				
4	Требуемая сумма в конце срока	S	млн.руб.	12
5	Ставка годовых	i	%	24
6	Срок	n	год	1
7	Кол-во начислений в год	m		1
8				
9	Исходная сумма в начале срока			
10	(современная величина)			
11		P =	-9,677419	млн.руб.

Рис. 5.22. Дисконтированная стоимость (пример 1)

	A	B	C	D
1	Простые и сложные проценты			
2	Дисконтированная стоимость			
3				
4	Требуемая сумма в конце срока	S	млн.руб.	32
5	Ставка годовых	i	%	18
6	Срок	n	год	4
7	Кол-во начислений в год	m		1
8				
9	Исходная сумма в начале срока			
10	(современная величина)			
11		P =	-16,505244	млн.руб.

Рис. 5.23. Дисконтированная стоимость (пример 2)

	A	B	C	D
1	Простые и сложные проценты			
2	Дисконтированная стоимость			
3				
4	Требуемая сумма в конце срока	S	млн.руб.	32
5	Ставка годовых	i	%	18
6	Срок	n	год	4
7	Кол-во начислений в год	m		4
8				
9	Исходная сумма в начале срока			
10	(современная величина)			
11		P = -15,823018 млн.руб.		

Рис. 5.24. Дисконтированная стоимость (пример 3)

Функция =ПЗ() позволяет реализовывать самые разнообразные варианты расчетов, поэтому на рис. 5.25 мы привели пояснения к некоторым ее параметрам.

	A	B	C	D	E	F
3						
4	Требуемая сумма в конце срока	S	млн.руб.	32		
5	Ставка годовых	i	%	18		
6	Срок	n	год	4		
7	Кол-во начислений в год	m		4		
8						
9	Исходная сумма в начале срока					
10	(современная величина)					
11		P = ПЗ(D5;D7;;D4) млн.руб.				
12						
13						
14		Норма	D5/100/D7	= 0,045		
15		Кпер	D6*D7	= 16		
16		Выплата		= 32 руб.		
17		Бс	D4	= 32		
18		Тип		= 0 руб.		
19						
20						
21		Возвращает текущий объем вклада: общая сумма всех будущих платежей.				
22						
23						
24						

1-й параметр **Норма** должен быть приведен к длительности периода!

Норма норма прибыли за период.

Значение: -15,823018

OK Отмена

Рис. 5.25. Пояснение к параметрам функции =ПЗ()

## Глава 6. РЕНТЫ (АННУИТЕТЫ)

Многие виды финансовых операций предусматривают выплаты, производимые через определенные промежутки времени. Можно привести некоторые примеры таких операций:

- 1) создание денежных фондов целевого назначения;
- 2) инвестирование средств в различные проекты;

- 3) выплаты по облигациям, банковским кредитам, долгосрочной аренде, страховым полисам;
- 4) погашение среднесрочной и долгосрочной банковской задолженности.

При этом производится ряд последовательных платежей, которые обычно имеют потоком платежей.

Ряд фиксированных последовательных платежей, производимых через равные промежутки времени, называется финансовой рентой или аннуитетом. Далее будет использоваться термин «рента».

Рента характеризуется следующими параметрами:

- 1) член ренты — размер каждого отдельного платежа;
- 2) период ренты — интервал (период времени) между платежами;
- 3) срок ренты — период от начала реализации ренты до момента поступления последнего платежа;
- 4) процентная ставка — ставка, используемая для расчета наращенного или дисконтированного платежа, составляющих ренту.

Кроме этого, рента характеризуется:

- 1) количеством платежей в течение года;
- 2) частотой начисления процентов (т. е. количеством периодов в году, когда начисляются проценты);
- 3) моментом производства платежей (в начале, середине или в конце года);
- 4) некоторыми дополнительными (менее значимыми) параметрами.

Различные принципы формирования позволяют получить весьма разнообразные виды рент — с платежами равной либо произвольной величины.

«Простые» ренты предполагают получение или выплаты одинаковых по величине сумм в течение всего срока операции в конце каждого периода (года, полугодия, квартала, месяца и т. д.).

Ренты, по которым платежи производятся один раз в году, называются годовыми. При производстве платежей несколько раз в году ( $N$  раз) ренты называются  $N$ -срочными.

Кроме того, встречаются ренты, у которых период между платежами может превышать год.

Так как во всех перечисленных рентах факт очередного платежа является строго фиксированным событием, занимающим короткий промежуток времени, то все эти ренты называются дискретными.

В некоторых случаях рентные платежи производятся так часто, что их можно рассматривать как непрерывные. Такие ренты называются непрерывными рентами.

По частоте начисления процентов ренты подразделяются следующим образом:

- 1) ренты с начислением процентов один раз в год;
- 2) ренты с начислением процентов несколько раз в году ( $m$  раз);
- 3) ренты с непрерывным начислением процентов.

Стабильность размера платежей ренты определяет подразделение рент на постоянные (платежи — члены ренты — равны между собой) и переменные.



«Условной» ренту называют в том случае, если ее выплата обусловлена наступлением какого-либо события. Очевидным примером условных рент являются страховые взносы — они вносятся до наступления страхового случая.

«Ограниченные» ренты имеют конечное (перечислимое) число членов, а вечные ренты — бесконечное (неперечислимое) число членов. Примерами вечных рент являются облигационные займы без ограничения срока погашения (такие займы выпускаются правительствами некоторых стран). Доходы по этим облигациям, выплачиваемые через определенные промежутки времени, являются членами вечной ренты.

Момент, с которого начинается осуществление рентных платежей, подразделяет ренты на немедленные (первый платеж производится сразу же после заключения контракта) и отложенные (отсроченные) (срок первого платежа откладывается на время, указанное в контракте).

Момент выплат членов ренты подразделяет ренты на обычные (постнумерандо) (платежи производятся в конце соответствующих периодов (года, полугодия и т. д.) и пренумерандо (платежи осуществляются в начале этих периодов). Можно также встретиться с рентами, в которых предусматривается осуществление платежей в середине периода.

Ренты описываются двумя основными обобщающими характеристиками — показателями ренты являются: наращенная сумма и современная (приведенная) величина.

Наращенная сумма — сумма всех членов потока платежей (аннуитетов) с начисленными на них процентами на конец срока, т. е. на дату последней выплаты. Наращенная сумма показывает, какую величину будет представлять капитал, вносимый через равные промежутки времени в течение всего срока ренты вместе с начисленными процентами.

Современная (приведенная) величина потока платежей — сумма всех его членов, уменьшенная (дисконтированная) на величину процентной ставки на определенный момент времени, совпадающий с началом потока платежей или предшествующий ему. Современная величина показывает, какую сумму следовало бы иметь первоначально, чтобы, разбив ее на разные взносы, на которые начислялись бы установленные проценты в течение срока ренты, можно было обеспечить получение наращенной суммы.

Обобщающие показатели ренты используются при финансовом анализе для экономической оценки инвестиционных проектов, планирования погашения задолженности, сравнения эффективности коммерческих контрактов и т. п.

Далее в этой главе приведены два примера финансовых расчетов различных рент. Очевидно, что структура этих примеров охватывает только очень незначительную часть всевозможных задач расчета самых разнообразных видов рент. На основе этих примеров вы сможете легко создавать необходимые средства решения ваших задач.

В примерах мы стремились давать решение (окончательную формулу) как на основе «математической» формулы, так и на основе одной из финансовых функций Excel. Естественно, что результат получается одинаковым — таким образом, мы хотели облегчить читателям понимание математической «сути» финансовых функций Excel.

Все примеры данной главы приведены на соответствующих рабочих листах файла Renta.XLS.

### Наращенная сумма обыкновенной ренты. Пример формирования фонда

Компания решила создать инвестиционный фонд. Для решения этой задачи в конце каждого года в течение 5 лет в банк вносится очередной платеж (все платежи равны) под известную процентную ставку годовых (одинакова для всех платежей). Производится капитализация каждого платежа — он прибавляется к уже накопленной сумме.

Решение этой задачи (рассчитанное на пять лет) приведено на рабочем листе **Лист1** файла Renta.XLS — рис 6.1 и 6.2.

Как видно из этих рисунков, в ячейках D19 и D21 находятся разные формулы, возвращающие одинаковый результат. В ячейке D19 находится «математическая» формула  $=D4*(СТЕПЕНЬ(1+D6/100;D5)-1)/(D6/100)$  (теоретическая форма которой представлена слева от этой ячейки). В ячейке D21 находится формула на основе финансовой функции  $=БЗ(D6/100;D5;D4*-1)$ , которая предназначена для расчета наращенной суммы обыкновенной ренты. Параметры этой функции подробно описаны в справке Excel, поэтому здесь мы только отметим, что третий параметр этой функции (размер однократного платежа) в нашем случае представлен как отрицательное число, так как компания, организующая фонд, **ОТДАЕТ** платежи. При этом наращенная сумма является положительным числом, так как эту сумму компания **ПОЛУЧИТ** на своем накопительном счете и может в любой момент **ЗАБРАТЬ** накопленные средства фонда из банка — потратить их на цели, для которых создавался фонд. Если бы мы производили данный расчет от лица банка, в котором накапливаются средства фонда, то третий параметр функции был бы **ПОЛОЖИТЕЛЬНЫМ** числом, так как банк **ПОЛУЧАЕТ** периодические платежи. Соответственно при этом (для банка) результат функции был бы отрицательным, так как по окончании рентного договора банк в любой момент должен **ОТДАТЬ** средства фонда.

Microsoft Excel - Renta.xls						
D19 =D4*(СТЕПЕНЬ(1+D6/100;D5)-1)/(D6/100)						
A	B	C	D	E	F	G
1	Наращенная сумма обычной ренты					
2	Формирование фонда					
3						
4	Величина ежегодного взноса	R	млн руб.	24		
5	Срок ренты	n	год	5		
6	Процентная ставка	i	%	12		
7						
8	Период взноса, год	Порядковый № взноса				на 1 - й взнос 4 раза
9		1	2	3	4	5
10	1 - й год	24,0000				
11	2 - й год	26,8800	24,0000			
12	3 - й год	30,1056	26,8800	24,0000		
13	4 - й год	33,7183	30,1056	26,8800	24,0000	
14	5 - й год	26,8800	33,7183	30,1056	26,8800	24,0000
15	Итого	37,7645	33,7183	30,1056	26,8800	24,0000
16						
17		Наращенная сумма				на 4 - й взнос 1 раза
18						
19		$S = R \frac{(1+i)^n - 1}{i}$		152,46834	млн.руб.	
20						
21			БЗ()	152,46834	млн.руб.	
22						
23		Коэффициент наращивания годовой ренты:		6,3528474		

Рис. 6.1. Наращенная сумма обыкновенной ренты. Формирование фонда (пример 1)

Период взноса, год	1	2	3	4	5	на 1 - й взнос 4 раза
1 -й год	43,0000					$R(1+i)^4 = R(1+i)^{n-1}$
2 -й год	52,0300	43,0000				на 2 - й взнос 3 раза
3 -й год	62,9563	52,0300	43,0000			$R(1+i)^3 = R(1+i)^{n-2}$
4 -й год	76,1771	62,9563	52,0300	43,0000		на 3 - й взнос 2 раза
5 -й год	92,1743	76,1771	62,9563	52,0300	43,0000	$R(1+i)^2 = R(1+i)^{n-3}$
Итого :						на 4 - й взнос 1 раза
						$R(1+i) = R(1+i)^{n-4}$
Наращенная сумма						
$S = R \frac{(1+i)^n - 1}{i}$		326,33774 млн. руб				
		530 326,33774 млн. руб				
Коэффициент наращивания годовой ренты:		7,5892498				

Рис. 6.2. Наращенная сумма обыкновенной ренты. Формирование фонда (пример 2)

В данном примере также приведена таблица накопления сумм процентов для каждого из периодических платежей (поэтапно/погодично показано, как увеличивается сумма каждого отдельного платежа по мере погодичного роста суммы процентов от этого платежа).

Важным элементом этого решения также является коэффициент наращивания годовой ренты, рассчитываемый в ячейке D23 как отношение наращенной суммы к размеру однократного платежа =D19/D4.

Таким образом, наращенная сумма равна сумме однократного платежа, умноженной на коэффициент наращивания годовой ренты: для нашего второго примера  $43 * 7,5892498 = 326,33774$ .

Очевидно, что значение данного коэффициента определяется соотношением числа платежей и размером процентной ставки, начисляемой на каждый период платежа. Поэтому значения коэффициента наращивания годовой ренты очень часто приводятся в финансовой литературе в виде таблиц, параметрами которых являются размер процентной ставки за период и число периодов. С помощью таких таблиц, не проводя никаких вычислений, можно легко получить значение этого коэффициента.

### Наращенная сумма обыкновенной ренты. Пример с начислением сложных процентов

Рассмотрим более сложный пример, в котором рентные платежи вносятся 1 раз в году, а начисление процентов производится  $m$  раз в году. При этом начисление процентов будет производиться по ставке  $j/m$ , где  $j$  — номинальная (годовая) ставка сложных процентов.

Итак, страховая компания поступающие ежегодные страховые взносы, согласно договору со страхуемой фирмой, помещает в банк под определенную процентную ставку годовых, причем начисление процентов проводится  $m$  раз в году (2 — по полугодиям, 4 — поквартально, 12 — помесечно).

Решения этой задачи представлены на рис. 6.3, 6.4 (там же приведена теоретическая формула для расчета наращенной суммы).

	A	B	C	D	E	F	G
1	Наращенная сумма обычной ренты						
2	Платежи осуществляются 1 раз в году; проценты начисляются $m$ раз в году						
3							
4	Ежегодные страховые взносы	R	млн.руб.	14			
5	Процентная ставка годовых	j	%	12			
6	Срок	n	год	3			
7	Кол-во периодов начислений в году	m		2			
8							
9							
10							
11	$S = R \frac{(1 + j/m)^{mn} - 1}{(1 + j/m)^m - 1}$			47,4051	млн.руб.		
12							

**Рис. 6.3.** Наращенная сумма обыкновенной ренты.  
Начисление сложных процентов  
(пример 1 — проценты начисляются по полугодиям)

	A	B	C	D	E	F	G
1	Наращенная сумма обычной ренты						
2	Платежи осуществляются 1 раз в году; проценты начисляются $m$ раз в году						
3							
4	Ежегодные страховые взносы	R	млн.руб.	14			
5	Процентная ставка годовых	j	%	12			
6	Срок	n	год	3			
7	Кол-во периодов начислений в году	m		4			
8							
9							
10							
11	$S = R \frac{(1 + j/m)^{mn} - 1}{(1 + j/m)^m - 1}$			47,4919	млн.руб.		
12							

**Рис. 6.4.** Наращенная сумма обыкновенной ренты.  
Начисление сложных процентов  
(пример 2 — проценты начисляются по кварталам)

## Часть 3. ФИНАНСОВОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЕМ И БИЗНЕС-ПЛАНИРОВАНИЕ

Глава 7. Управление затратами.

Глава 8. Платежеспособность предприятия. Управление оборотными кредитами и кредиторской задолженностью.

### Глава 7. УПРАВЛЕНИЕ ЗАТРАТАМИ

Модель «затраты–объем–прибыль» предназначена для оценки зависимости затрат, выручки и прибыли предприятия от объема производства и реализации продукции (работ, услуг). Все затраты предприятия можно разделить на две группы: переменные и постоянные.

**Переменными** называются те издержки, которые изменяются пропорционально объему производства и реализации продукции. Примерами могут служить затраты на основные материалы, комплектующие изделия, транспортные расходы и др.: если выпуск продукции увеличится на 10% по сравнению с базовым периодом, общая сумма переменных затрат также возрастет на 10%, а переменные затраты на единицу продукции останутся теми же.

**Постоянными** являются те затраты, величина которых не зависит от объема производства и реализации продукции, а определяется другими факторами (чаще всего — длительностью анализируемого периода). Примером постоянных затрат может служить арендная плата за помещение, амортизация, оплата каналов связи, обслуживание офисов и производственных помещений и др.

Очень важным является понимание того, что существенное изменение объема производства может вызвать скачкообразное изменение величины постоянных затрат. Например, мощность комплекта оборудования составляет 32 тыс. шт. деталей в год, а затраты на его амортизацию — 12 млн р. в квартал. При объеме выпуска от 0 до 32 тыс. шт. затраты на амортизацию одни и те же — 12 млн р., однако если предприятие примет решение выпускать 48 тыс. шт. деталей в год, ему придется приобрести второй аналогичный комплект оборудования. Тогда затраты на амортизацию скачкообразно увеличатся в два раза, составив 24 млн р. в квартал.

На основе зависимости затрат от объема производства можно определить зависимость прибыли от объема: ведь прибыль предприятия — это разность между выручкой и затратами. В большинстве случаев выручка изменяется прямо пропорционально объему реализации. При определенном соотношении объема про-

изводства и реализации выручка становится равна затратам, а прибыль предприятия нулевая. Эта точка называется точкой **безубыточности**.

Разность между ценой единицы продукции и переменными затратами на ее производство называется **маржинальной прибылью на единицу продукции** (другой часто используемый термин — удельная маржинальная прибыль). Маржинальная прибыль — это та часть выручки от реализации, которая остается на возмещение постоянных затрат и образование собственно прибыли.

Если объем производства и реализации продукции меньше точки безубыточности, то маржинальной прибыли не хватает на покрытие всех постоянных затрат и предприятие работает с убытком. В точке безубыточности размер маржинальной прибыли равен сумме постоянных затрат, а на прибыль ничего не остается. Если объем производства и реализации больше точки безубыточности, то объем маржинальной прибыли больше суммы постоянных затрат, так что предприятие получает прибыль: чем больше объем производства, тем больше прибыль.

Доля маржинальной прибыли в выручке предприятия характеризуется специальным показателем — коэффициентом выручки, который показывает, сколько рублей маржинальной прибыли получает предприятие с каждого рубля выручки. С одной стороны, чем больше коэффициент выручки, тем большая часть выручки остается на погашение постоянных затрат и образование прибыли. Поэтому при стабильно высоких объемах выручки предприятию выгоден высокий коэффициент выручки.

С другой стороны, высокий коэффициент выручки свидетельствует о высокой чувствительности прибыли к колебаниям объема производства, а в условиях нестабильной ситуации на рынке предприятие рискует получить убыток. Таким образом, оптимальное значение коэффициента выручки зависит от особенностей деятельности конкретного предприятия и рынка (отраслевого, регионального и др.), на котором оно работает.

Еще один показатель, характеризующий степень риска в деятельности предприятия, — «запас прочности». Он рассчитывается как разность между фактическим объемом производства и объемом производства в точке безубыточности.

Чем больше запас прочности, тем стабильнее положение предприятия, тем меньше риск получения убытка в результате колебаний объемов производства и реализации.

Точку безубыточности и запас прочности можно рассчитывать не только в натуральном, но и в стоимостном выражении, что особенно важно для предприятий, выпускающих широкий ассортимент продукции.

Точка безубыточности в стоимостном выражении соответствует объему реализации, обеспечивающему предприятию нулевую прибыль. Ее можно определить умножением точки безубыточности в натуральном выражении на цену единицы продукции.

Точку безубыточности в стоимостном выражении также можно определить путем деления постоянных затрат на коэффициент выручки.

Запас прочности в стоимостном выражении — это разница между фактическим значением выручки и значением выручки в точке безубыточности в стоимостном выражении.

Очевидно, что если предприятие работает с прибылью (имеет положительный запас прочности), то его прибыль равна сумме удельной маржинальной прибыли от всех единиц продукции, произведенных сверх объема, соответствующего точке без-

убыточности (так как все постоянные затраты уже возмещены суммой маржинальной прибыли от всех единиц продукции, произведенных в объеме точки безубыточности).

Таким образом, любое изменение объема реализации вызывает еще более сильное изменение прибыли. Этот феномен называется **эффектом операционного рычага**.

Сила операционного рычага — это отношение маржинальной прибыли к собственнo прибыли.

Сила операционного рычага позволяет установить, на сколько процентов изменится прибыль при изменении выручки на 1%.

Таким образом, если прибыль близка к нулю, то сила операционного рычага стремится к бесконечности: даже самые незначительные колебания объемов производства около точки безубыточности вызывают сильные относительные колебания прибыли.

Зная силу операционного рычага, можно определить, на сколько процентов изменится прибыль при изменении выручки на определенный процент.

Чем больше удельный вес постоянных затрат в общей сумме затрат, тем сильнее действует операционный рычаг. Следовательно, большое значение операционного рычага означает высокий операционный риск. Поэтому в ситуации нестабильного спроса (подверженного непредсказуемым изменениям), целесообразно минимизировать постоянные затраты. Если этого не делать, то нужно быть готовым к тому, что даже небольшое снижение выручки вызовет резкое снижение прибыли. Если спрос стабилен и предсказуем, целесообразно снижать переменные затраты на единицу продукции и наращивать постоянные затраты, так как это приведет к большему приросту прибыли.

Изложенные выше рекомендации и различные показатели рассматриваются в примере, представленном на рис. 7.1–7.6. Эти примеры демонстрируют, как сочетание различных исходных значений четырех параметров позволяют изучить их влияние на параметры, характеризующие эффективность деятельности предприятия и политики ценообразования.

Microsoft Excel - Затраты.xls					
		A	B	C	D
Управление затратами					
Постоянные затраты предприятия на производство изделий за период	F		40 000 руб		
Переменные затраты на 1 единицу изделия	v		2 18 руб		
Цена единицы изделия	p		2 33 руб		
Фактический объем выпуска и реализации изделий за период	Q		60 000 шт		
Чтобы избежать убытков, предприятию необходимо продать изделий на сумму			168 956 руб		
При этом затраты предприятия будут равны			168 956 руб		
Прибыль предприятия равна			0,00 руб		
При фактическом объеме выпуска и реализации					
Прибыль (стричат число - убыток)	$I = (p - v)(Q - Q')$		200 руб		
Выручка			169 800 руб		
Затраты			169 600 руб		
Запас прочности	$S = Q - Q'$		299,51 шт		
			или 844,78 руб		
Сила операционного рычага	$L = (S - V) / I$		261,00		

Рис. 7.1. Исходные данные и показатели эффективности деятельности предприятия

Данные примера, представленного на рис. 7.1, можно считать исходными: предприятие работает с очень маленькой прибылью (большое значение силы операционного рычага, маленький запас прочности). В последующих примерах рассматриваются различные способы улучшения ситуации.

№	Описание	Формула	Значение	Единица
1	Управление затратами			
2	Постоянные затраты предприятия на производство изделий за период	F	36 000	руб
3	Переменные затраты на 1 единицу изделия	v	2,16	руб
4	Цена единицы изделия	p	2,83	руб
5	Фактический объем выпуска и реализации изделий за период	Q	60 000	шт
	Кoeffициент выручки	$K_{выр} = (p - v) / p$	0,237	
	Точка безубыточности предприятия	$Q^* = F / (p - v)$	53 731	шт
6	Чтобы избежать убытков, предприятию необходимо продать изделий на сумму		152 050	руб
7	При этом затраты предприятия будут равны		152 050	руб
8	Прибыль предприятия равна		0,00	руб
9	При фактическом объеме выпуска и реализации			
10	Прибыль (отрицат. число - убыток)	$I = (p - v)(Q - Q^*)$	4 200	руб
11	Выручка		169 800	руб
12	Затраты		165 600	руб
13	Запас прочности	$S = Q - Q^*$	6 268,86	шт
14		или	17 740,30	руб
15	Сила операционного рычага	$L = (S - V) / I$	9,57	

Рис. 7.2

Уменьшение постоянных затрат на 4% (36 000 вместо 40 000) позволяет в некоторой степени улучшить ситуацию.

№	Описание	Формула	Значение	Единица
1	Управление затратами			
2	Постоянные затраты предприятия на производство изделий за период	F	34 000	руб
3	Переменные затраты на 1 единицу изделия	v	2,16	руб
4	Цена единицы изделия	p	2,83	руб
5	Фактический объем выпуска и реализации изделий за период	Q	62 000	шт
	Кoeffициент выручки	$K_{выр} = (p - v) / p$	0,237	
	Точка безубыточности предприятия	$Q^* = F / (p - v)$	60 746	шт
6	Чтобы избежать убытков, предприятию необходимо продать изделий на сумму		143 512	руб
7	При этом затраты предприятия будут равны		143 512	руб
8	Прибыль предприятия равна		0,00	руб
9	При фактическом объеме выпуска и реализации			
10	Прибыль (отрицат. число - убыток)	$I = (p - v)(Q - Q^*)$	7 540	руб
11	Выручка		175 460	руб
12	Затраты		167 920	руб
13	Запас прочности	$S = Q - Q^*$	11 254	шт
14		или	31 848	руб
15	Сила операционного рычага	$L = (S - V) / I$	5,51	

Рис. 7.3

Постоянные затраты уменьшены еще немного, немного увеличен объем производства (предполагается, что рыночный спрос позволяет увеличить объем производства без опасности затоваривания).



Управление затратами		F	36 000 руб	Кoeffициент высулки	
2	Постоянные затраты предприятия на производство изделий за период	F	36 000 руб	$K_{выр} = (p - v) / p$	0,258
3	Переменные затраты на 1 единицу изделия	v	2,10 руб		
4	Цена единицы изделия	p	2,83 руб	Точка безубыточности предприятия	
5	Фактический объем выпуска и реализации изделий за период	Q	60 000 шт	$Q' = F / (p - v)$	49 315 шт
Чтобы избежать убытков, предприятию необходимо продать изделий на сумму			139 562 руб		
При этом затраты предприятия будут равны			139 562 руб		
Прибыль предприятия равна			0,00 руб		
При фактическом объеме выпуска и реализации					
12	Прибыль (отрицат. число - убыток)	$I = (p - v)(Q - Q')$	7 800 руб		
14	Выручка		169 800 руб		
16	Затраты		162 000 руб		
18	Запас прочности	$S = Q - Q'$	10 685 шт		
19		или	30 236 руб		
21	Сила операционного рычага	$L = (S - V) / I$	5,62		

Рис. 7.4

Обратите внимание, что результаты деятельности близки к результатам примера на рис. 7.3, однако объем производства равен исходному, и постоянные затраты меньше исходных всего лишь на 10% (а не на 15%). За счет чего же удалось добиться улучшения? Переменные затраты на единицу продукции уменьшены на 2,8% (2,1 вместо 2,16). Сокращение переменных затрат возможно, например, за счет заключения более выгодных договоров с поставщиками расходных материалов.

Управление затратами		F	40 000 руб	Кoeffициент высулки	
2	Постоянные затраты предприятия на производство изделий за период	F	40 000 руб	$K_{выр} = (p - v) / p$	0,294
3	Переменные затраты на 1 единицу изделия	v	2,16 руб		
4	Цена единицы изделия	p	3,06 руб	Точка безубыточности предприятия	
5	Фактический объем выпуска и реализации изделий за период	Q	60 000 шт	$Q' = F / (p - v)$	44 444 шт
Чтобы избежать убытков, предприятию необходимо продать изделий на сумму			136 000 руб		
При этом затраты предприятия будут равны			136 000 руб		
Прибыль предприятия равна			0,00 руб		
При фактическом объеме выпуска и реализации					
12	Прибыль (отрицат. число - убыток)	$I = (p - v)(Q - Q')$	14 000 руб		
14	Выручка		183 600 руб		
16	Затраты		169 600 руб		
18	Запас прочности	$S = Q - Q'$	15 556 шт		
19		или	47 600 руб		
21	Сила операционного рычага	$L = (S - V) / I$	3,86		

Рис. 7.5

Вернемся к исходным данным, однако увеличим отпускную цену продукции на 8,7% (3,06 вместо 2,83, предполагаем, что рынок (потребители и конкуренты) позволят нам это сделать). Если это возможно, то очевидно, что это один из лучших вариантов.

№	Описание	Единица измерения	Значение	Единица измерения	Значение
1	Управление затратами				
2	Постоянные затраты предприятия на производство изделий за период	руб	39 200		
3	Переменные затраты на 1 единицу изделия	руб	2,11		
4	Цена единицы изделия	руб	2,88		
5	Фактический объем выпуска и реализации изделий за период	шт	63 000		
6	Кoeffициент выручки				0,270
7	Точка безубыточности предприятия				50 296 шт
8	Чтобы избежать убытков, предприятию необходимо продать изделий на сумму	руб	145 241		
9	При этом затраты предприятия будут равны	руб	145 241		
10	Прибыль предприятия равна	руб	0 000		
11	При фактическом объеме выпуска и реализации				
12	Прибыль (отрицат. число - убыток)	руб	9 940		
13	Выручка	руб	182 070		
14	Затраты	руб	172 130		
15	Запас прочности	шт	12 744		
16	или	руб	36 829		
17	Сила операционного рычага		4,94		

Рис. 7.6

Теперь попробуем проверить эффект «нескольких мелочей»: немного уменьшим постоянные и переменные затраты, немного увеличим объем реализации и отпускную цену. Таким образом, можно попробовать различные сочетания исходных параметров и попытаться выбрать наиболее целесообразные варианты дальнейших действий. На рис. 7.7 представлен фрагмент рабочего листа в режиме просмотра формул.

№	Описание	Единица измерения	Формула	Единица измерения	Значение
1	Управление затратами				
2	Постоянные затраты предприятия на производство изделий за период	руб			40000
3	Переменные затраты на 1 единицу изделия	руб			2,16
4	Цена единицы изделия	руб			2,83
5	Фактический объем выпуска и реализации изделий за период	шт			80000
6	Кoeffициент выручки				
7	Точка безубыточности предприятия				
8	Чтобы избежать убытков, предприятию необходимо продать изделий на сумму	руб	=G5*C4		
9	При этом затраты предприятия будут равны	руб	=C2+G5*C3		
10	Прибыль предприятия равна	руб	=C7-C8		
11	При фактическом объеме выпуска и реализации				
12	Прибыль (отрицат. число - убыток)	руб	=(C4-C3)*(C5-G5)		
13	Выручка	руб	=C4*C5		
14	Затраты	руб	=C3*C5+C2		
15	Запас прочности	шт	=C5-G5		
16	или	руб	=C14-C7		
17	Сила операционного рычага		=(C14-C3*C5)/C12		

Рис. 7.7. Фрагмент рабочего листа в режиме просмотра формул

## Глава 8. ПЛАТЕЖЕСПОСОБНОСТЬ ПРЕДПРИЯТИЯ. УПРАВЛЕНИЕ ОБОРОТНЫМИ КРЕДИТАМИ И КРЕДИТОРСКОЙ ЗАДОЛЖЕННОСТЬЮ

В данной главе рассматриваются примеры решения задач, общий вопрос которых можно сформулировать так: «Насколько платежеспособно предприятие?». Решения представлены на рабочих листах файла **ПлатежеСпособ.XLS**.

### Козффициенты покрытия

Решение, представленное на рабочем листе **Лист1**, позволяет на основе балансовых данных (на конец отчетного периода) рассчитать уровень общего коэффициента покрытия. Затем, для оценки достаточности оборотных активов для погашения краткосрочных долгов и обеспечения одновременного продолжения бесперебойной деятельности предприятия, на основе дополнительных данных рассчитать «нормальный» (для данного предприятия) уровень общего коэффициента покрытия. Также, если не все отраженные в балансе оборотные активы ликвидны, может потребоваться расчет реального уровня общего коэффициента покрытия.

Соотношение этих коэффициентов как раз и позволяет сделать вывод о текущей платежеспособности предприятия.

Примеры расчетов представлены на рис. 8.1–8.4. На этих рисунках активными являются разные ячейки, потому легко разобраться с используемыми расчетными формулами.

	A	B	C	D	E	F	G
1	Платежеспособность предприятия						
3	Оборотные активы		498				
4	в т.ч. дебиторская задолженность	тыс.руб.	49				
5	Срок	мес.	12				
6	Расход будущих периодов	тыс.руб.	8,2				
7	Краткосрочные кредиты и кредиторская задолженность	тыс.руб.	202				
9	Уровень общего коэффициента покрытия:					2,18218	
11	Дополнительные данные						
12	а) однодневные материалы затрат по основной деятельности на производство и реализацию продукции:					11,9	тыс.руб.
13	б) число дней необходимых запасов (на основе экспертной оценки)					23	дней
15	Оборотные активы, материализованные в запасах, обеспечивающих один цикл оборота для получения выручки и прибыли от реализации					273,7	тыс.руб.
18	Нормальный для данного предприятия уровень общего коэффициента покрытия:					2,35495	
21	Дополнительные данные						
22	а) неликвидные запасы в составе оборотных активов:					39	тыс.руб.
23	б) безнадежная дебиторская задолженность со сроком погашения в течении в составе оборотных активов отсутствует						
26	Реальный общий коэффициент покрытия:					1,98911	

Рис. 8.1

Microsoft Excel - Платежеспособ.xls							
F15		=F12*F13					
	A	B	C	D	E	F	G
1	Платежеспособность предприятия						
3	Оборотные активы		560				
4	в т.ч. дебиторская задолженность	тыс.руб.	30				
5	Срок	мес.	12				
6	Расход будущих периодов	тыс.руб.	9,1				
7	Краткосрочные кредиты и кредиторская задолженность	тыс.руб.	156				
9	Уровень общего коэффициента покрытия:					3,3391	
11	Дополнительные данные						
12	а) однодневные материалы затрат по основной деятельности на производство и реализацию продукции:					10,1	тыс.руб.
13	б) число дней необходимых запасов (на основе экспертной оценки)					27	дней
15	Оборотные активы, материализованные в запасах, обеспечивающих один цикл оборота для получения выручки и прибыли от реализации					272,7	тыс.руб.
18	Нормальный для данного предприятия уровень общего коэффициента покрытия:					2,74808	
21	Дополнительные данные						
22	а) неликвидные запасы в составе оборотных активов:					72	тыс.руб.
23	б) безнадежная дебиторская задолженность со сроком погашения в течении в составе оборотных активов отсутствует						
26	Реальный общий коэффициент покрытия:					2,87756	

Рис. 8.2

Microsoft Excel - Платежеспособ.xls							
F16		=(C7+F15)/C7					
	A	B	C	D	E	F	G
1	Платежеспособность предприятия						
3	Оборотные активы		392				
4	в т.ч. дебиторская задолженность	тыс.руб.	12				
5	Срок	мес.	12				
6	Расход будущих периодов	тыс.руб.	8,8				
7	Краткосрочные кредиты и кредиторская задолженность	тыс.руб.	106				
9	Уровень общего коэффициента покрытия:					3,50189	
11	Дополнительные данные						
12	а) однодневные материалы затрат по основной деятельности на производство и реализацию продукции:					9,8	тыс.руб.
13	б) число дней необходимых запасов (на основе экспертной оценки)					27	дней
15	Оборотные активы, материализованные в запасах, обеспечивающих один цикл оборота для получения выручки и прибыли от реализации					264,6	тыс.руб.
18	Нормальный для данного предприятия уровень общего коэффициента покрытия:					3,49623	
21	Дополнительные данные						
22	а) неликвидные запасы в составе оборотных активов:					2	тыс.руб.
23	б) безнадежная дебиторская задолженность со сроком погашения в течении в составе оборотных активов отсутствует						
26	Реальный общий коэффициент покрытия:					3,48302	

Рис. 8.3

	A	B	C	D	E	F	G
1	Платежеспособность предприятия						
3	Оборотные активы		212				
4	в т.ч. дебиторская задолженность	тыс. руб.	8				
5	Срок	мес.	12				
6	Расход будущих периодов	тыс. руб.	4,6				
7	Краткосрочные кредиты и кредиторская задолженность	тыс. руб.	51				
9	Уровень общего коэффициента покрытия					3,9098	
11	Дополнительные данные						
12	а) однодневные материалы затрат по основной деятельности на производство и реализацию продукции:					5,4 тыс. руб.	
13	б) число дней необходимых запасов (на основе экспертной оценки)					27 дней	
15	Оборотные активы, материализованные в запасах, обеспечивающих один цикл оборота для получения выручки и прибыли от реализации					145,8 тыс. руб.	
18	Нормальный для данного предприятия уровень общего коэффициента покрытия:					3,85882	
21	Дополнительные данные						
22	а) неликвидные запасы в составе оборотных активов:					0 тыс. руб.	
23	б) безнадежная дебиторская задолженность со сроком погашения в течении в составе оборотных активов отсутствует						
26	Реальный общий коэффициент покрытия					3,9098	

Рис. 8.4

### Расчет и оценка оборачиваемости дебиторской задолженности

Пример решения этой задачи представлен на рабочем листе Лист2 рис. 8.5 и 8.6.

	A	B	C	D	E	F	G
1	Расчет и оценка оборачиваемости дебиторской задолженности.						
3	1. Движение балансовых остатков дебиторской задолженности со сроком погашения в течении 12 месяцев (тыс. руб.):	01. янв	01. апр	01. июл	01. окт	01. янв	
4		210	160	140	208	228	
6	2. Годовая выручка от реализации	1480 тыс. руб.					
8	Средние остатки дебиторской задолженности:	181,75 тыс. руб.					
9	Однодневная выручка от реализации:	4,111 тыс. руб.					
10	Оборачиваемость краткосрочной дебиторской задолженности:	44,2 дня		или		8,1 оборота в год	
13	Дополнительные данные, необходимые для уточнения полученных результатов:						
13	3. Балансовые остатки дебиторской задолженности покупателей (со сроком погашения в течении 12 месяцев, тыс. руб.):	01. янв	01. апр	01. июл	01. окт	01. янв	
14		180	154	161	208	197	
15	4. В том числе просроченная:	41	39	58	59	55	
16	5. Дебиторская задолженность покупателей:	139	115	103	149	142	
18	Средние остатки дебиторской задолженности:	126,9 тыс. руб.					
20	Оборачиваемость краткосрочной дебиторской задолженности:	30,9 дня		или		11,7 оборота в год	

Рис. 8.5

	В	С	Д	Е	Ф	Г
1. Движение балансовых остатков дебиторской задолженности со сроком погашения в течение 12 месяцев (тыс.руб.):	01.январь 183	01.апрель 172	01.июль 101	01.октябрь 150	01.январь 170	
2. Годовая выручка от реализации	1020	тыс.руб.				
Средние остатки дебиторской задолженности:	149,875					тыс.руб.
Однодневная выручка от реализации:	2,833					тыс.руб.
Оборачиваемость краткосрочной дебиторской задолженности:	52,9					дня
						или
						6,8 оборота в год
3. Балансовые остатки дебиторской задолженности покупателей (со сроком погашения в течении 12 месяцев, тыс.руб.):	01.январь 177	01.апрель 169	01.июль 142	01.октябрь 151	01.январь 149	
4. В том числе просроченная	32	28	21	26	31	
5. Дебиторская задолженность покупателей:	145	141	121	125	118	
Средние остатки дебиторской задолженности:	129,6					тыс.руб.
Оборачиваемость краткосрочной дебиторской задолженности:	45,8					дня
						или
						7,9 оборота в год

Рис. 8.6

На рис. 8.7 представлен рабочий лист в режиме просмотра формул.

	В	С	Д	Е	Ф	Г
1. Движение балансовых остатков дебиторской задолженности со сроком	36526	36617	36708	36800	36526	
2. Годовая выручка от реализации	1020	тыс.руб.				
Средние остатки дебиторской задолженности	=(B4/2+C4+D4+E4+F4/2)/4					тыс.руб.
Однодневная выручка от реализации:	=B5/360					тыс.руб.
Оборачиваемость краткосрочной дебиторской задолженности:	=B5/B9					дня
						или
						=360/B10 оборота в
3. Балансовые остатки дебиторской задолженности покупателей (со сроком	36526	36617	36708	36800	36526	
4. В том числе просроченная	32	28	21	26	31	
5. Дебиторская задолженность покупателей:	=B14-B15	=C14-C15	=D14-D15	=E14-E15	=F14-F15	
Средние остатки дебиторской задолженности:	=(B16/2+C16+D16+E16+F16/2)/4					тыс.руб.
Оборачиваемость краткосрочной дебиторской задолженности:	=B18/B19					дня
						или
						=360/B20 оборота в

Рис. 8.7

### Расчет и оценка оборачиваемости кредиторской задолженности

Пример решения этой задачи представлен на рабочем листе **Лист3** рис. 8.8 и 8.9. Данный расчет ограничен оценкой кредиторской задолженности поставщикам, так как из всех типов кредиторской задолженности она является единственным типом, на который предприятие может повлиять. Размеры кредиторской задол-

женности этого типа определяются условиями договоров с поставщиками. Остальные типы кредиторской задолженности зависят от законодательства (налоговое, вопросы оплаты труда и пр.), а также других факторов, на которые предприятие не может повлиять.

	01.январь	01.апрель	01.июль	01.октябрь	01.январь
1. Балансовые остатки кредиторской задолженности поставщикам (тыс.руб.)	182	196	158	188	212
2. Из них - просроченная задолженность	36	44	28	56	61
3. Кредиторская задолженность поставщикам, принимаемая в расчет для оценки ее оборачиваемости в соответствии с условиями договоров (п.1 минус п.2)	146	152	130	132	151
4. Средние остатки кредиторской задолженности, принимаемой в расчет:	140,625 тыс.руб.				
5. Материальные затраты на реализованную продукцию:	760 тыс.руб.				
6. Изменение балансовых остатков запасов:	44 тыс.руб.				
Оборачиваемость кредиторской задолженности поставщикам в соответствии с договорными сроками расчетов:					
а) однодневные материальные затраты и изменение остатков запасов (суммарно):	2,233 тыс.руб.				
б) оборачиваемость в днях:	63,0 дня				
в) число оборотов за год:	5,7 оборота				

Рис. 8.8

	01.январь	01.апрель	01.июль	01.октябрь	01.январь
1. Балансовые остатки кредиторской задолженности поставщикам (тыс.руб.)	144	152	131	136	171
2. Из них - просроченная задолженность	29	32	44	31	42
3. Кредиторская задолженность поставщикам, принимаемая в расчет для оценки ее оборачиваемости в соответствии с условиями договоров (п.1 минус п.2)	115	120	87	105	129
4. Средние остатки кредиторской задолженности, принимаемой в расчет:	108,500 тыс.руб.				
5. Материальные затраты на реализованную продукцию:	560 тыс.руб.				
6. Изменение балансовых остатков запасов:	58 тыс.руб.				
Оборачиваемость кредиторской задолженности поставщикам в соответствии с договорными сроками расчетов:					
а) однодневные материальные затраты и изменение остатков запасов (суммарно):	1,717 тыс.руб.				
б) оборачиваемость в днях:	63,2 дня				
в) число оборотов за год:	5,7 оборота				

Рис. 8.9

На рис. 8.10 представлен рабочий лист в режиме просмотра формул.

Microsoft Excel - ПлатежеСпособ.xls						
A1 Расчет и оценка оборачиваемости кредиторской задолженности						
	A	B	C	D	E	F
1	Расчет и оценка оборачиваемости кредитор					
3		36526	36617	36708	36800	36526
4	1. Балансовые остатки кредиторской задолженности поставщикам (тыс.руб.)	144	152	131	136	171
5	2. Из них - просроченная задолженность поставщикам, принимаемая в расчет для оценки ее оборачиваемости в соответствии с условиями договоров (п.1 минус п. 2)	29	32	44	31	42
6		=B4-B5	=C4-C5	=D4-D5	=E4-E5	=F4-F5
8	4. Средние остатки кредиторской задолженности			=(B6/2+C6+D6+E6+F6/2)/4 тыс.руб.		
10	5. Материальные затраты на реализованную продукцию			560	тыс.руб.	
11	6. Изменение балансовых остатков запасов			58	тыс.руб.	
13	Оборачиваемость кредиторской задолженности в соответствии с договорными сроками расчетов					
16	а) однодневные материальные затраты и изменения запасов (суммарно)			=(D10+D11)/360		тыс.руб.
19	б) оборачиваемость в днях:			=D8/D16		дня
21	в) число оборотов за год:			=360/D19		оборота

Рис. 8.10



## Часть 4. ОЦЕНКА СТОИМОСТИ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

Глава 9. Функциональное и экономическое устаревание.

Глава 10. Доходный подход к оценке стоимости.

### Глава 9. ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ И ЭКОНОМИЧЕСКОЕ УСТАРЕВАНИЕ

Для всего многообразия сооружений, машин и оборудования в различных отраслях промышленности существует множество факторов, вызывающих устаревание. В этой главе на примерах рассматриваются только некоторые из них.

Примеры расчетов приведены в файле **Устаревание.XLS**.

#### **Функциональное и экономическое устаревание, связанное с избыточным расходом энергии**

Устаревшее (с конструктивно-технологической точки зрения) и изношенное (с механической точки зрения) оборудование постепенно требует все больших эксплуатационных затрат, его применение становится менее выгодным, чем использование нового оборудования. Очевидно, что имеющееся оборудование нельзя заменять сразу же с появлением современного оборудования аналогичного назначения, так как используемое оборудование должно выработать определенный ресурс до того момента, когда станет экономически оправданным его замена на новое оборудование.

Оптимальный цикл замены оборудования — отдельная большая тема. Здесь лишь показана методика оценки эксплуатационных затрат, позволяющая оценить убытки от использования устаревшей техники (убытки — по сравнению с эксплуатацией нового оборудования). При этом, однако, в нашем примере не выполняется оценка оптимальной периодичности замены оборудования (нет и оценки компенсации затрат на модернизацию за счет продажи оборудования, выводимого из эксплуатации).

Кроме этого, здесь не обсуждается очень сложный вопрос определения ставки дисконта, обеспечивающей (с учетом изменения стоимости денег во времени) приведение рассчитанной величины избыточных операционных ежегодных затрат к текущей стоимости. В рассматриваемых примерах предполагается, что ставка дисконта определяется в рамках оценки бизнеса всего предприятия с учетом отраслевых реалий и прочих факторов.

Рассматриваемая здесь задача формулируется следующим образом: на электрической подстанции имеется преобразователь, обеспечивающий электроэнергией некоторое оборудование. Используемый преобразователь вследствие более низкого коэффициента полезного действия (КПД) требует больше электроэнергии для этого оборудования, чем требовал бы новый (более современный преобразователь). Требуется оценить текущие и будущие потери от завышенного расхода электроэнергии.

Решение представлено на рабочем листе **Лист1**.

Два примера расчетов представлены на рис. 9.1–9.4. Теоретические формулы, приведенные на рабочем листе, подробнейшим образом иллюстрируют последовательность решения. Обратите также внимание на большое количество достаточно сложных подстановочных формул.

А	В	С	Д	Е	Ф	Г	Н	И
Функциональное и экономическое устаревание, связанное с избыточным расходом энергии								
3. Определить величину функционального (операционного) устаревания нового и старого статического преобразователя на электрической подстанции								
5	КПД старого преобразователя		η <sub>ст</sub>					0,938
6	КПД нового преобразователя		η <sub>н</sub>					0,978
7	Расход электроэнергии на работу электрооборудования		Q	кВт*ч				1800
8	Время работы в сутки		T <sub>с</sub>	ч				20,5
9	Время работы в году		T <sub>г</sub>	день				365
10	Стоимость 1 кВт*ч		S	долл				0,12
11	Налог		кн					0,28
12	Ставка дисконта		r					0,16
13	Регламентный (эксплуатационный) срок службы преобразователя		N <sub>0</sub>	лет				16
14	Время оценки (срок службы) старого преобразователя		N <sub>г</sub>	лет				12
16	Полный расход электроэнергии на работу электрооборудования за год							
17	$A = Q \cdot T_c \cdot T_g = 1800 \cdot 20,5 \cdot 365 = 13468500$ кВт*ч							
19	Разница потерь электроэнергии у старого и нового преобразователя за год							
21	$\Delta A = \frac{\eta_n - \eta_{st}}{\eta_n \eta_{st}} A = \frac{0,978 - 0,938}{0,978 \cdot 0,938} \cdot A = 0,0415 A$							

Рис. 9.1. Оценка устаревания, связанного с избыточным расходом электроэнергии. Пример 1. Верхняя часть рабочего листа

24	И избыточные платежи за лишнюю электроэнергию							
25	$\delta S = S \cdot \Delta A = 0,12 \cdot 0,0415 \cdot 13468500 = 67073$ долл							
27	И избыточные платежи с учетом влияния налогов							
28	$\delta S_n = \delta S \cdot (1 - k_n) = 67073 \cdot (1 - 0,28) = 48293$ долл							
30	$n = N_0 - N_g = 16 - 12 = 4$ лет (года)							
32	$F_3 = \frac{1}{r} \left( 1 - \frac{1}{(1+r)^n} \right) = \frac{1}{0,16} \cdot \left[ 1 - \frac{1}{(1+0,16)^4} \right] = 2,7982$							
37	Сегодняшняя стоимость будущих потерь							
38	$S = \delta S_n \cdot F_3 = 48293 \cdot 2,7982 = 135133$ долл							

Рис. 9.2. Оценка устаревания, связанного с избыточным расходом электроэнергии. Пример 1. Нижняя часть рабочего листа

Microsoft Excel - Устаревание.xls									
F21     =ОКРУГЛ((16-Б5)/(16*15),4)									
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Функциональное и экономическое устаревание, связанное с избыточным расходом энергии								
3	Определить величину функционального (операционного) устаревания нового и старого статического преобразователя на электрической подстанции								
5	КПД старого преобразователя				η <sub>ст</sub>				0,924
6	КПД нового преобразователя				η <sub>н</sub>				0,978
7	Расход электроэнергии на работу электрооборудования				Q	кВт*ч			2200
8	Время работы в сутки				T <sub>с</sub>	ч			21,2
9	Время работы в году				T <sub>г</sub>	день			365
10	Стоимость 1 кВт*ч				S	долл.			0,17
11	Налог				кн				0,215
12	Ставка дисконта				r				0,12
13	Регламентный (эксплуатационный) срок службы преобразователя				N <sub>о</sub>	лет			17
14	Время оценки (срок службы) старого преобразователя				N <sub>т</sub>	лет			14
16	Полный расход электроэнергии на работу электрооборудования за год								
17	A = Q * T <sub>с</sub> * T <sub>г</sub> = 2200 * 21,2 * 365 = 17023600 кВт*ч								
18	Разница потерь электроэнергии у старого и нового преобразователя за год								
21	$\delta A = \frac{\eta_n - \eta_{ст}}{\eta_n \eta_{ст}} A = \frac{0,978 - 0,924}{0,978 * 0,924} * A = 0,0598 A$								

Рис. 9.3. Оценка устаревания, связанного с избыточным расходом электроэнергии. Пример 2. Верхняя часть рабочего листа

Microsoft Excel - Устаревание.xls									
F33     =ОКРУГЛ(1/12*(1-1/СТЕПЕНЬ(1+12;F31)),4)									
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
24	Избыточные платежи за лишнюю электроэнергию								
26	$\delta S = S * \delta A = 0,17 * 0,0598 * 17023600 = 173062$ долл.								
27	Избыточные платежи с учетом влияния налогов								
29	$\delta S_n = \delta S * (1 - кн) = 173062 * (1 - 0,215) = 135854$ долл.								
31	$n = N_o - N_t = 17 - 14 = 3$ лет (года)								
33	$F_3 = \frac{1}{r} \left( 1 - \frac{1}{(1+r)^n} \right) = \frac{1}{0,12} * \left( 1 - \frac{1}{(1+0,12)^4} \right) = 2,4018$								
37	Сегодняшняя стоимость будущих потерь								
38	$S = \delta S_n * F_3 = 135854 * 2,4018 = 326294$ долл.								

Рис. 9.4. Оценка устаревания, связанного с избыточным расходом электроэнергии. Пример 2. Нижняя часть рабочего листа

### Функциональное и экономическое устаревание, связанное с избыточными трудозатратами

В данном примере рассматриваются два производственных объекта, выпускающих в одинаковом количестве идентичную продукцию. Однако на устаревшем объекте работает больше сотрудников, чем на современном.

Решение представлено на рабочем листе **Лист2**, а примеры расчетов — на рис. 9.5 и 9.6.

№	Параметр	Единица измерения	Значение
3	Численность обслуживающего персонала на объекте оценки	Qo чел	128
4	Численность обслуживающего персонала на современном объекте	Qc чел	92
5	Средняя заработная плата одного сотрудника, включая все выплаты	Cз долл./год	2000
6	Налоги	kn	0,28
7	Ставка дисконта	r	0,12
8	Срок оставшейся жизни объекта	n лет	9
10	Избыточная численность обслуживающего персонала		
11	$\delta Q = Q_o - Q_c$		$= 128 - 92 = 36$ чел.
13	Ежегодные избыточные эксплуатационные расходы		
14	$\delta C = \delta Q * C_z$		$= 36 * 2000 = 72000$ долл./год
15	Налоги		
16	$N = \delta C * kn$		$= 72000 * 0,28 = 20160$ долл.
18	Операционные расходы после выплаты налогов		
19	$\delta Sn = \delta C - N$		$= 72000 - 20160 = 51840$ долл.
20			
21			
22			
23			
24	Операционное устаревание от избыточных трудозатрат после дисконтирования		
25	$S = \delta Sn * F_s$		$= 51840 * 4,9676 = 257520$ долл.

Рис. 9.5. Оценка устаревания, связанного с избыточными трудозатратами. Пример 1

№	Параметр	Единица измерения	Значение
3	Численность обслуживающего персонала на объекте оценки	Qo чел	96
4	Численность обслуживающего персонала на современном объекте	Qc чел	78
5	Средняя заработная плата одного сотрудника, включая все выплаты	Cз долл./год	2120
6	Налоги	kn	0,24
7	Ставка дисконта	r	0,14
8	Срок оставшейся жизни объекта	n лет	4
10	Избыточная численность обслуживающего персонала		
11	$\delta Q = Q_o - Q_c$		$= 96 - 78 = 18$ чел.
13	Ежегодные избыточные эксплуатационные расходы		
14	$\delta C = \delta Q * C_z$		$= 18 * 2120 = 38160$ долл./год
15	Налоги		
16	$N = \delta C * kn$		$= 38160 * 0,24 = 9158,4$ долл.
18	Операционные расходы после выплаты налогов		
19	$\delta Sn = \delta C - N$		$= 38160 - 9158,4 = 29001,6$ долл.
20			
21			
22			
23			
24	Операционное устаревание от избыточных трудозатрат после дисконтирования		
25	$S = \delta Sn * F_s$		$= 29001,6 * 2,9137 = 84502$ долл.

Рис. 9.6. Оценка устаревания, связанного с избыточными трудозатратами. Пример 2

## Глава 10. ДОХОДНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ СТОИМОСТИ

Специалисты выделяют три основных подхода к оценке стоимости производственных объектов, машин и оборудования: затратный, сравнительный и доходный.

Далее дана краткая информация о затратном и сравнительном подходе, а для доходного подхода приведены примеры расчетов.

Важнейшим признаком затратного подхода является то, что затраты (или издержки) на создание и реализацию оцениваемого объекта используются в качестве меры рыночной стоимости.

Очевидно, что стоимость, оцененная таким образом, может значительно отличаться от рыночной стоимости, ведь между затратами и полезностью нет прямого соответствия.

Однако в целом ряде случаев оправдано использование именно затратного подхода, — например, при страховании отдельных элементов имущества, при судебном разделе имущества между собственниками, при распродаже имущества на открытых торгах, для целей бухгалтерского учета основных фондов и при переоценке фондов.

Далеко не всегда можно оценить стоимость производственных объектов или оборудования на основе рыночных факторов. Уникальные объекты или специализированное оборудование могут не присутствовать на открытом рынке, — например, в случае малосерийного производства по индивидуальным заказам с учетом требований каждого конкретного заказчика.

Для оценки таких объектов зачастую приходится использовать затратный подход.

Основой сравнительного подхода является принцип анализа цен на объекты, аналогичные оцениваемому объекту, то есть цены на аналогичные объекты в сопоставимый период времени являются исходными данными для расчета стоимости данного объекта.

Очевидно, что при реализации сравнительного подхода существует несколько проблем.

Во-первых, необходимо изучить рынок и собрать обширную информацию о ценах спроса и предложения на группу продукции, к которой относится оцениваемый объект. Качество (достоверность) оценки в значительной степени зависит от количества и корректности собранной информации.

Во-вторых, когда такая информация собрана, следует удостовериться, что объекты, о которых собрана информация, действительно сопоставимы с оцениваемым объектом по достаточно большому перечню показателей (функции и потребительские свойства; показатели надежности, безопасности и экологичности; эксплуатационные характеристики).

Кроме этого (очень важно, так как затрагивает некоторые аспекты доходного подхода, который рассматривается далее), обязательно требуется оценить условия приобретения аналогичных объектов. Дело в том, что различные ограничения (например, относительная уникальность объекта в удаленном регионе или сжатые сроки приобретения объекта для замены вышедшего из строя) могут существенно

повлиять на цену, в то время как оцениваемый объект приобретает в иных условиях.

Только при наличии массивов достоверной информации возможно эффективное применение сравнительного подхода.

Доходный подход основан на оценке стоимости объекта как оценке будущих доходов от его использования. При этом требуется спрогнозировать предполагаемые доходы за несколько предстоящих лет эксплуатации объекта. Очевидно, что это невозможно сделать без анализа предпринимательской (или производственной) структуры, в которой данный объект будет использоваться.

Конечно, необходимо понимать невозможность прогнозирования будущего поведения товарных и валютных рынков, вероятность кризисов, дефолтов и финансовых катастроф — все эти события могут опрокинуть любые расчеты.

Кроме этого, необходимо при комплексной оценке четко отделять доходность объекта от доходности коммерческой деятельности, осуществление которой как-то связано с этим объектом.

В западной литературе есть несколько шуточных примеров оценки (доходный подход) стоимости старых гаражей, в которых первооткрыватели компьютерной эры (например Стив Джобс) начинали деятельность своих фирмочек, превратившихся усилиями создателей в многомиллиардные транснациональные корпорации. Из этих (четкими цифрами обоснованных) примеров следует, что, исходя из будущей стоимости компаний, исходная стоимость гаражей должна составлять никак не меньше нескольких миллионов долларов. Отсюда видно, что смешаны понятия стоимости производственного объекта и рыночной стоимости уникальных продуктов, технологий и идей, которые разрабатывались и воплощались в жизнь гениальными людьми.

#### ПРИМЕЧАНИЕ

---

Именно поэтому здравый смысл является одним из основных методов, применяемым при любом из подходов к оценке стоимости объектов.

---

Итак, рассмотрим два примера оценки стоимости объектов на основе доходного подхода. Примеры представлены на рабочих листах **ДоходныйПодход.XLS**.

#### Оценка стоимости транспортного средства

В этом примере на основе доходного подхода оценивается стоимость пассажирского автобуса, который будет использоваться на междугородних рейсах.

Здесь под себестоимостью транспортной работы подразумеваются все виды расходов (заработная плата водителя и обслуживающего персонала, запчасти, горюче-смазочные материалы, без амортизации) на один пассажиро-километр.

Примеры расчетов представлены на рис. 10.1 и 10.2.

А	В	С	Д	Е	Г	Н	И	К
Доходный подход к оценке стоимости. Оценка транспортного средства (пассажирский автобус)								
3	Средний годовой объем транспортной работы	В <sub>ср</sub>	тыс пас км	7776				
4	Тариф на перевозку (без НДС) при среднем расстоянии одной перевозки 167 км	Т <sub>пер</sub>	долл./пас км	0,036				
5	Себестоимость транспортной работы (без амортизации)	С <sub>р</sub>	долл./пас км	0,032				
6	Срок службы автобуса	Т	лет	5				
7	Стоимость здания (гараж и ремонтное хозяйство) на один автобус	С <sub>зд</sub>	долл.	18600				
8	Ставка дисконта	r		0,25				
9	Утилизационная стоимость автобуса	С <sub>авт</sub>	долл.	1000				
10	Годовая норма амортизации здания	k		0,01				
12	Выручка за год	$D_1 = T_{пер} \cdot V_{ср}$		$= 0,036 \cdot 7776 \cdot 1000 =$	279936	долл.		
13	Годовые затраты (без амортизации)	$P_1 = C_r \cdot V_{ср}$		$= 0,032 \cdot 7776 \cdot 1000 =$	248832	долл.		
14	Чистый доход за год	$D = D_1 - P_1$		$= 279936 - 248832 =$	31104	долл.		
15	Остаточная стоимость здания по истечении срока	$C_{ост} = C_{зд} \cdot (1 - k \cdot T)$		$= 18600 \cdot (1 - 0,01 \cdot 5) =$	17670	долл.		
16	Остаточная стоимость всего имущества	$C_M = C_{ост} + C_{авт}$		$= 17670 + 1000 =$	18670	долл.		
18	Текущая стоимость имущества всей производственной системы	$C = \frac{D}{r} \left( 1 - \frac{1}{(1+r)^T} \right) + \frac{C_M}{(1+r)^T}$			89766	долл.		
22	Стоимость машинного комплекса	$C_k = C - C_{зд}$		$= 89766 - 18600 =$	71166	долл.		

Рис. 10.1. Доходный подход к оценке. Оценка пассажирского автобуса. Пример 1

А	В	С	Д	Е	Г	Н	И	К
Доходный подход к оценке стоимости. Оценка транспортного средства (пассажирский автобус)								
3	Средний годовой объем транспортной работы	В <sub>ср</sub>	тыс пас км	6504				
4	Тариф на перевозку (без НДС) при среднем расстоянии одной перевозки 167 км	Т <sub>пер</sub>	долл./пас км	0,042				
5	Себестоимость транспортной работы (без амортизации)	С <sub>р</sub>	долл./пас км	0,036				
6	Срок службы автобуса	Т	лет	5				
7	Стоимость здания (гараж и ремонтное хозяйство) на один автобус	С <sub>зд</sub>	долл.	19400				
8	Ставка дисконта	r		0,22				
9	Утилизационная стоимость автобуса	С <sub>авт</sub>	долл.	1000				
10	Годовая норма амортизации здания	k		0,01				
12	Выручка за год	$D_1 = T_{пер} \cdot V_{ср}$		$= 0,042 \cdot 6504 \cdot 1000 =$	273168	долл.		
13	Годовые затраты (без амортизации)	$P_1 = C_r \cdot V_{ср}$		$= 0,036 \cdot 6504 \cdot 1000 =$	234144	долл.		
14	Чистый доход за год	$D = D_1 - P_1$		$= 273168 - 234144 =$	39024	долл.		
15	Остаточная стоимость здания по истечении срока	$C_{ост} = C_{зд} \cdot (1 - k \cdot T)$		$= 19400 \cdot (1 - 0,01 \cdot 5) =$	18430	долл.		
16	Остаточная стоимость всего имущества	$C_M = C_{ост} + C_{авт}$		$= 18430 + 1000 =$	19430	долл.		
18	Текущая стоимость имущества всей производственной системы	$C = \frac{D}{r} \left( 1 - \frac{1}{(1+r)^T} \right) + \frac{C_M}{(1+r)^T}$			118940	долл.		
22	Стоимость машинного комплекса	$C_k = C - C_{зд}$		$= 118940 - 19400 =$	99540	долл.		

Рис. 10.2. Доходный подход к оценке. Оценка пассажирского автобуса. Пример 2

**ПРИМЕЧАНИЕ**

Этот пример прекрасно иллюстрирует, что инвестору необходимо спрогнозировать на длительной срок целый ряд факторов, например какие будут тарифы на перевозку пассажиров в течение всего периода эксплуатации автобуса или как будет меняться себестоимость обслуживания пассажиров.

Все эти факторы не связаны непосредственно с самим оцениваемым объектом, хотя и очень сильно влияют на результат оценки — в этом и состоит суть доходного подхода к оценке.

### Оценка стоимости машинного комплекса для производства машиностроительных деталей

В этом примере на основе доходного подхода оценивается стоимость комплекта оборудования для производства машиностроительных деталей.

Примеры расчетов представлены на рис. 10.3 и 10.4.

№	Параметр	Единица измерения	Значение
3	Цена детали (без НДС)	долл	7,2
4	Объем производства (продаж)	шт	520000
5	Годовые затраты	долл	2039083
6	Стоимость м <sup>2</sup> здания	долл	460
7	Площадь здания и вспомогательных помещений	м <sup>2</sup>	432
8	Коэффициент амортизации здания	Ка.зв	0,01
9	Ставка дисконта	r	0,1
10	Срок службы оборудования	лет	12
12	Выручка от реализации продукции за год	долл	3744000
13	Чистый доход	долл	1704917
14	Стоимость здания	долл	198720
15	Чистый доход, относимый к зданию	долл	21869,2
16	Чистый доход, относимый к комплексу	долл	1683058
18	Коэффициент амортизации для машин и оборудования	$K_{AM}$	0,0469
21	Стоимость оборудования	долл	11464971

Рис. 10.3. Доходный подход к оценке. Оценка машинного комплекса. Пример 1

№	Параметр	Единица измерения	Значение
3	Цена детали (без НДС)	долл	5,4
4	Объем производства (продаж)	шт	300000
5	Годовые затраты	долл	1550179
6	Стоимость м <sup>2</sup> здания	долл	360
7	Площадь здания и вспомогательных помещений	м <sup>2</sup>	432
8	Коэффициент амортизации здания	Ка.зв	0,01
9	Ставка дисконта	r	0,1
10	Срок службы оборудования	лет	14
12	Выручка от реализации продукции за год	долл	1622700
13	Чистый доход	долл	72521
14	Стоимость здания	долл	164160
15	Чистый доход, относимый к зданию	долл	18059
16	Чистый доход, относимый к комплексу	долл	54463
18	Коэффициент амортизации для машин и оборудования	$K_{AM}$	0,0357
21	Стоимость оборудования	долл	401952

Рис. 10.4. Доходный подход к оценке. Оценка машинного комплекса. Пример 2

#### ПРИМЕЧАНИЕ

Как и в примере с автобусом, здесь настоящая стоимость машинного комплекса зависит от труднопрогнозируемых факторов: стоимости одной детали и прочих.



## Часть 5. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ОПТИМИЗАЦИИ

Глава 11. Общие вопросы использования надстройки **Поиск решения**.

Глава 12. Решение оптимизационной задачи.

Глава 13. Примеры решения оптимизационных задач.

Глава 14. Задачи оптимизации перевозок.

Глава 15. Задачи оптимизации распределения (расхода) ресурсов.

Глава 16. Задачи оптимизации раскроя материалов.

В этой части книги рассматриваются примеры решения задач, относящихся к очень широкому кругу оптимизационных задач.

Различные аспекты оптимизации занимают очень важное место в бизнесе и деятельности современных организаций и предприятий. Проблемы оптимизации присутствуют в самых различных процессах, которые можно грубо разделить на следующие категории.

- *Оптимизация перевозок грузов.*
- *Оптимизация распределения ресурсов (в самом широком смысле — от распределения производственных мощностей для выпуска нескольких (многих) видов товаров с различной прибыльностью до оптимизации состава стада крупного рогатого скота для наиболее прибыльного производства молока и мяса).*
- *Оптимизация расхода/раскроя материалов (очевидно, что этот класс задач является подкатегорией предыдущей категории; мы выделили эти задачи в отдельную категорию, так как они четко выражены/формализованы и встречаются очень часто).*

За предыдущие полтора века математическая наука сформировала мощную методологию решения таких задач. Основным (наиболее часто используемым) способом решения задач оптимизации является так называемый симплекс-метод, обеспечивающий решение задач, относящихся ко всем вышеперечисленным категориям.

Универсальность применения симплекс-метода связана с самой природой таких задач, ведь оптимизация заключается в максимизации или минимизации значения какой-либо целевой функции (например максимизации прибыли/дохода или минимизации затрат) в условиях выполнения различных ограничений (например по количеству или стоимости доступных ресурсов).

Так как задачей нашей книги не является углубленное изложение теории и математического аппарата, то мы рекомендуем читателям обратиться за соответствующей информацией к [13, 14, 15, 16, 17].

#### ПРИМЕЧАНИЕ

Если предлагаемая литература вам недоступна, то поищите какие-нибудь другие источники — теория и примеры симплекс-метода подробнейшим образом представлены во множестве математических справочников и учебников. Зачастую для обозначения общего класса оптимизационных задач используется термин «транспортная задача». Это историческая традиция, — методология решения оптимизационных задач в течение длительного времени формировалась в первую очередь для решения задач построения оптимальных планов перевозок.

Ввиду того что читатели могут столкнуться с необходимостью решения задач оптимизации, представленных в самых различных формах, мы решили изложить эти вопросы следующим образом:

- в главе 11 описаны общие вопросы использования средств, предлагаемых Excel для решения таких задач;
- в главе 12 подробнейшим образом разобран пример решения оптимизационной задачи на примере, представленном в демонстрационном файле *solvsamp.XLS* (этот файл входит в состав дистрибутива Excel); здесь рассматриваются все вопросы поиска оптимальных решений, параметры решений, вопросы сохранения решений на рабочих листах и сохранения решений в виде сценариев;
- в главе 13 рассматриваются примеры решения остальных оптимизационных задач, которые представлены в демонстрационном файле *solvsamp.XLS*;
- в главе 14 представлены примеры решения различных вариантов задач по оптимизации перевозок;
- в главе 15 представлены примеры решения различных вариантов задач по оптимизации распределения ресурсов;
- в главе 16 представлены примеры решения различных вариантов задач по оптимизации раскроя/расхода материалов.

Если в главе 12 примеры решения разобраны очень детально (включая последовательность действий пользователя для описания задачи), то в главах 13, 14, 15 во избежание излишних повторов, но без потери удобства восприятия по большинству примеров мы приводим следующую информацию:

- краткое описание примера;
- при необходимости (если это не совсем четко следует из рисунков) в описании мы указываем области исходных (оптимизируемых) данных и ограничений;
- не менее двух примеров расчета с различными исходными (оптимизируемыми) данными и ограничениями;

- каждый из двух примеров проиллюстрирован одним или более рисунками рабочих листов;
- каждый из двух примеров проиллюстрирован одним рисунком с окном **Поиск решения**, в котором указаны области с соответствующими фрагментами данных;
- при необходимости (если примеры содержат довольно много ячеек исходных данных и ограничений, мы сохраняем в этом рабочем листе оба варианта решения (один (последний) вариант решения сохраняется в рабочем листе всегда). Если в рабочем листе сохранены варианты решения, то мы даем подробные пояснения по использованию этих решений;
- при необходимости (примеры являются еще более сложными) мы сохраняем одно или оба решения в виде сценария (сценариев);
- при необходимости мы оставляли в файлах примеров рабочие листы отчетов по выполненным решениям. Если лист отчета есть в файле, то мы приводим и рисунок листа отчета.

Мы надеемся, что такой детальный подход поможет (после изучения с требуемой читателю тщательностью) читателям, которые столкнутся с необходимостью решения задач оптимизации, использовать предлагаемые нами решения следующим образом:

- бегло просмотреть в книге множество предлагаемых нами решений;
- выбрать несколько наиболее близких (к задаче, требующей решения) примеров;
- на основе соответствующего XLS-файла, содержащего наиболее подходящий пример, сформировать решение своей задачи.

Решение оптимизационных задач малой и средней степени сложности с помощью Excel требует минимальных навыков и усилий, поэтому такой подход является полностью оправданным. Мы постарались подготовить большое количество примеров «на самые разные темы», чтобы читателям было легко найти прототипы (а возможно, и готовые шаблоны) для решения задач, которые могут возникнуть в самых различных ситуациях, в различных видах деятельности перед специалистами самых разных профессий.

## **Глава 11. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАДСТРОЙКИ ПОИСК РЕШЕНИЯ**

В этой главе даны общие сведения о надстройке **Поиск решения**.

### **Общие сведения об инструменте Поиск решения**

Как мы уже говорили, существует множество задач, решение которых может быть существенно облегчено с помощью инструмента **Поиск решения** (Solver — в английских версиях Excel).

Формулировка таких задач может представлять собой систему уравнений с несколькими неизвестными и набор ограничений на решения, поэтому решение задачи необходимо начинать с построения соответствующей модели.

---

**ЗАМЕЧАНИЕ**

Здесь мы используем слишком тяжеловесный (общепринятый) термин; на самом деле построение модели может заключаться всего лишь в грамотном размещении на рабочем листе исходных данных и формул, корректно отражающих зависимости различных величин.

---

Следует начать с организации рабочего листа в соответствии с пригодной для поиска решения моделью, для чего нужно хорошо понимать взаимосвязи между переменными и формулами. Хотя постановка задачи обычно представляет основную сложность, время и усилия, затраченные на подготовку модели, вполне оправданы, поскольку полученные результаты могут уберечь от излишней траты ресурсов при неправильном планировании, помогут увеличить процент прибыли за счет оптимального управления финансами или выявить наилучшее соотношение объемов производства, запасов и наименований продукции.

---

**ЗАМЕЧАНИЕ**

Именно для экономии времени и усилий читателей мы приводим большое количество примеров решения оптимизационных задач — как говорится, на все случаи жизни. Кроме этого, во всех примерах мы тщательно продумывали структуру рабочего листа, поэтому читателям достаточно легко использовать наши решения и создавать на их основе новые модели.

---

### Назначение надстройки Поиск решения (Solver)

Обычными задачами, решаемыми с помощью надстройки **Поиск решения (Solver)**, являются:

- Ассортимент продукции. Максимизация выпуска товаров при ограничениях на сырье (или другие ресурсы) для производства изделий.
- Штатное расписание. Составление штатного расписания для достижения наилучших результатов при наименьших расходах.
- Планирование перевозок. Минимизация затрат на транспортировку.
- Составление смеси. Получение заданного качества смеси при наименьших расходах.
- Оптимальный раскрой материалов (ограничения — количество деталей различной формы и размеров).
- Оптимизация финансовых показателей (например максимизация доходов за счет оптимизации средств на разные инвестиционные проекты).

Задачи, которые лучше всего решаются данным средством, имеют три свойства:

- 1) имеется единственная максимизируемая или минимизируемая цель (доход, ресурсы...);
- 2) имеются ограничения, выражающиеся, как правило, в виде неравенств (например, *объем используемого сырья не может превышать объем имеющегося сырья на складе, или время работы станка за сутки не должно быть больше 24 часов минус время на обслуживание*);
- 3) имеется набор входных значений-переменных, прямо или косвенно влияющих на ограничения и на оптимизируемые величины.

### Ограничения в задачах

Под ограничениями понимаются соотношения типа  $A1 \geq B1$ ,  $A1 = A2$ ,  $A3 \geq 0$ .

По крайней мере одна из ячеек в соотношении, определяющем ограничение, должна зависеть от переменных задачи, в противном случае это ограничение не может влиять на процесс решения.

Часто ограничения записываются сразу для групп ячеек, например:

$A1:A10 \leq B1:B10$  или

$A1:E1 \geq 0$ .

Правильная формулировка ограничений является наиболее ответственной частью при формировании модели для поиска решения.

В одних случаях ограничения просты и очевидны, например ограничение на количество сырья. Другие типы ограничений менее очевидны и могут быть указаны неверно или, хуже того, могут оказаться пропущенными. Вот некоторые примеры ограничений такого типа:

- в модели с несколькими периодами времени величина материального ресурса на начало следующего периода должна равняться величине этого ресурса на конец предыдущего периода;
- в модели поставок величина запаса на начало периода плюс количество полученного должна равняться величине запаса на конец периода плюс количество отправленного;
- многие величины в модели по своему физическому смыслу не могут быть отрицательными, например количество полученных единиц товара (это кажется естественным, однако, если не указать данные ограничения, Поиск решения (Solver) вполне может предложить отрицательные значения в качестве обеспечивающих получение оптимального результата).

### Ограничения в сравнении с логическими формулами

Ограничения имеют тот же синтаксис, что и логические формулы, но воспринимаются надстройкой Поиск решения (Solver) по-разному. В найденном решении логические формулы будут выполнены точно, а ограничения — с некоторой

возможной погрешностью. Величина этой погрешности задается параметром **Относительная погрешность** (Precision), по умолчанию значение этого параметра равно 0,000001. По этой причине не используются ограничения типа  $A1 > 0$ , поскольку подобные ограничения из-за наличия погрешности неотличимы от  $A1 \geq 0$ .

### Виды математических моделей

При решении оптимизационных задач с помощью надстройки **Поиск решения** (Solver) целесообразно (а в некоторых случаях — необходимо) различать линейные и нелинейные модели. Под линейными понимаются модели, в которых связь между входными значениями переменных и результирующими значениями описывается линейными функциями.

Общий вид линейной функции:

$$X = A * Y1 + B * Y2 + C * Y3 \dots$$

В этом выражении А, В и С — константы, Y1, Y2, Y3 — переменные, X — результирующее значение.

Если выражение для целевой величины и выражения для ограничений являются линейными, то можно применять быстрые и надежные методы поиска решения. Для использования именно линейных методов следует установить параметр **Линейная модель** (Assume Linear Model) в окне **Параметры поиска решения** (Solver Options). Если этот параметр не установить, то даже для линейной задачи будут использоваться общие более медленные методы.

Надстройка **Поиск решения** (Solver) поможет решить и оптимизационные задачи, содержащие нелинейные зависимости и ограничения. Нелинейные зависимости могут встречаться достаточно часто. Например, оптимизация (с финансовой точки зрения) графика поставок часто сталкивается с нелинейностью зависимости стоимости одного изделия от объема партии (партия до 1000 шт. — одна цена, от 1001 до 5000 — другая и т. д.).

Для успешного использования надстройки **Поиск решения** (Solver) желательно, чтобы зависимости были гладкими или, по меньшей мере, непрерывными. Наиболее часто разрывные зависимости возникают при использовании функции ЕСЛИ(), среди аргументов которой имеются переменные величины модели. Некоторые проблемы могут возникнуть и при использовании в модели функций типа ABS(), ROUND () и т. п.

### Установка надстройки Поиск решения (Solver)

Если надстройка **Поиск решения** (Solver) не была установлена при первоначальной установке Excel, то следует запустить процесс установки Excel (или MS Office) повторно и выбрать только эту надстройку. После установки **Поиск решения** (Solver) появляется в списке доступных надстроек Excel.

**ЗАМЕЧАНИЕ**

Процесс доустановки компонентов в MS Office различен в разных версиях MS Office — 97, 2000, XP. Общий принцип один и тот же — необходимо любым способом (с помощью инструмента **Установка/Удаление программ**, вызываемого из **Панели управления Windows**, или стартом setup.exe с компакт-диска дистрибутива) запустить программу инсталляции и указать доустанавливаемые компоненты, однако в зависимости от версии Excel/MS Office это делается по-разному.

Данная операция не требует никаких особых навыков и может быть выполнена рядовым пользователем. При необходимости следует обратиться к какому-нибудь справочнику по MS Office соответствующей версии, в котором описан процесс инсталляции.

Описываемые далее операции по подключению надстройки **Поиск решения (Solver)** выполняются действиями, аналогичными в любой версии Excel (97, 2000, XP).

Для того чтобы надстройка **Поиск решения (Solver)** загружалась сразу при запуске Excel:

- 1) выберите команду **Сервис, Надстройки (Tools, Add-Ins)**;
- 2) в диалоговом окне **Надстройки (Add-Ins)** в списке надстроек установите флажок напротив надстройки **Поиск решения (Solver Add-In)** (рис. 11.1). Если в этом списке нет элемента **Поиск решения (Solver)**, то нажмите кнопку **Обзор (Browse)**, чтобы самостоятельно найти файл **Solver.XLA**.

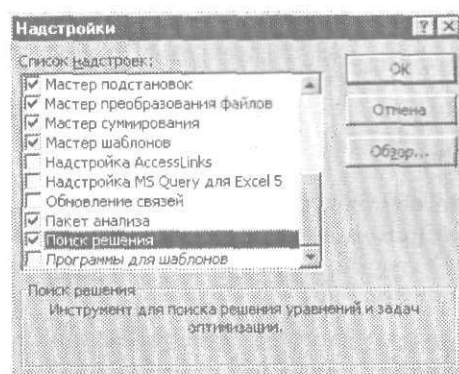


Рис. 11.1. Подключение надстройки Поиск решения (Solver Add-In)

Очень маловероятно, что пользователю придется самостоятельно отыскивать этот файл, однако если так случилось, то, скорее всего, этот файл, в зависимости от версии Excel, находится в папке Library (или одной из ее подпапок), которая находится в одной из папок:

Program Files\Microsoft Office\Office\

Profiles\username\Application Data\Microsoft\AddIns, находящейся в папке Windows (здесь наличие папок Profiles\username\ зависит от того, определены ли на этом компьютере профили нескольких пользователей Windows).

Если таких папок нет или в них нет файла Solver.XLA, то следует воспользоваться поиском файла по всем дискам или доустановить эту надстройку, как описано выше.

## Глава 12. РЕШЕНИЕ ОПТИМИЗАЦИОННОЙ ЗАДАЧИ

### Пример работы с надстройкой Поиск решения (Solver)

Работу с надстройкой **Поиск решения (Solver)** рассмотрим на примере, приведенном в файле **Solvsamp.XLS**. Этот файл входит в комплект поставки Excel, содержит модели для типичных задач, решаемых с помощью надстройки **Поиск решения (Solver)** и хорошо иллюстрирует основные приемы работы с этой надстройкой.

Файл находится в папке Office/Samples. Если файлы примеров не были установлены при первоначальной установке Excel, следует запустить процесс установки Excel повторно и выбрать установку примеров. Так как содержание и формат этого файла могут незначительно отличаться в разных версиях Excel (тем более, содержание будет на английском языке в английской версии Excel), то последующий материал этой главы основан на файле **Solvsamp.XLS**, который мы поместили в комплект файлов, прилагаемых к книге (во избежание проблем с разноверсионностью).

В рассматриваемый пример включены следующие модели:

- Модель сбыта (рабочий лист **Краткий обзор**).
- Структура производства.
- Транспортная задача.
- График занятости.
- Управление капиталом.
- Портфель ценных бумаг.
- Проектирование цепи, состоящей из  $N$  элементов с различными характеристиками (это задача «в широком смысле слова» — от проектирования электрической цепи до проектирования цепи сортировочно-перевалочных пунктов для перевозки грузов).

Каждая из этих моделей содержит постановку реально встречающейся задачи и описание ее решения, поэтому подробное изучение приведенных моделей может дать ключ к решению стоящей перед вами проблемы.

### Поиск решения на основе примера Модель сбыта

В этом примере мы подробно разберем все аспекты решения оптимизационных задач средствами надстройки **Поиск решения (Solver)**.

#### Структура рабочего листа примера

Откройте файл **Solvsamp.XLS** и перейдите на первый рабочий лист **Краткий обзор** (рис. 12.1).



Microsoft Excel - Solvsamp.xls  
F15    =СУММ(B15:E15)

Краткий обзор надстройки "Поиск решения"					
Месяц	1 квартал	2 квартал	3 квартал	4 квартал	Всего
Сезонность	0,9	1,1	0,8	1,2	
Число продаж	3 592	4 390	3 192	4 789	15 962
Выручка от реализации	143 662р.	175 587р.	127 700р.	191 549р.	638 498р.
Затраты на сбыт	89 789	109 742	79 812	119 718	399 061
Валовая прибыль	53 873	65 845	47 887	71 831	239 437
Торговый персонал	8 000	8 000	9 000	9 000	34 000
Реклама	10 000	10 000	10 000	10 000	40 000
Косвенные затраты	21 549	26 338	19 155	26 732	95 775
Суммарные затраты	39 549	44 338	38 155	47 732	169 775
Произв. прибыль	14 324р.	21 507р.	9 732р.	24 099р.	69 662р.
Норма прибыли	10%	12%	8%	13%	11%

Цена изделия	40р.
Затраты на изделие	25р.

В следующих примерах показано, как для приведенной выше модели можно находить значения, для которых заданный параметр имеет наибольшее или наименьшее значение, вводить ограничения, и сохранять модель.

Строка	Содержимое	Пояснение
3	Фиксированное знач.	Сезонная поправка: во 2 и 4 кварталах уровень продаж выше, чем в 1 и 3.
5	=35*B3*(B11+3000)*0,5	Ожидаемое число продаж по кварталам: в строке 3 - сезонная поправка; в строке 11 отражены затраты на рекламу.
6	=B5*B\$18	Выручка от реализации: произведение числа продаж (5 строка) на цену изделия (ячейка B18).
7	=B5*B\$19	Затраты на сбыт: произведение числа продаж (5 строка) и затрат на изделие (ячейка B19).

Готово

Рис. 12.1. Рабочий лист задачи Модель сбыта (исходные данные)

Для большей наглядности некоторые ячейки в моделях выделены цветом. Зеленым выделены ячейки-параметры, данные в которых могут изменяться для получения требуемого значения в целевой ячейке, выделенной синим цветом. Красным цветом помечены ячейки, на значение которых наложены ограничения.

Этот принцип «расцветчивания» границ ячеек используется на всех рабочих листах файла **Solvsamp.XLS** (во всех примерах, которые рассматриваются в этой главе).

В данном случае рассматривается модель сбыта. В ней представлена типичная модель сбыта, отражающая ожидаемое увеличение числа продаж от заданной величины (обусловленной, например, затратами на персонал) при увеличении затрат на рекламу и уменьшении прибыли.

**Поиск решения (Solver)** поможет определить необходимость увеличения рекламного бюджета или его перераспределения с учетом сезонной поправки.

Описание содержимого ячеек в данном примере в колонке В приведено в табл. 12.1. В колонках С, D, Е содержание аналогично. В колонке F находятся формулы подсчета сумм чисел в колонках В, С, D, Е по соответствующим строкам.

Таблица 12.1. Назначение ячеек в примере

Строка	Содержимое	Пояснение
3	Фиксированное знач.	Сезонная поправка: во 2 и 4 кварталах уровень продаж выше, чем в 1 и 3
5	=35*B3*(B11+3000)^0.5	Ожидаемое число продаж по кварталам: в строке 3 — сезонная поправка; в строке 11 отражены затраты на рекламу
6	=B5*\$B\$18	Выручка от реализации: произведение числа продаж (5 строка) на цену изделия (ячейка B18)
7	=B5*\$B\$19	Затраты на сбыт: произведение числа продаж (5 строка) и затрат на изделие (ячейка B19)
8	=B6-B7	Валовая прибыль: разность выручки от реализации (строка 6) и затрат на сбыт (строка 7)
10	Фиксированное знач.	Расходы на торговый персонал
11	Фиксированное знач.	Средства на рекламу (около 6,3% от продаж)
12	=0.15*B6	Косвенные затраты в фонд корпорации: 15% выручки от реализации (строка 6)
13	=SUM(B10:B12)	Суммарные расходы: затраты на персонал (10 строка), рекламу (11 строка) и косвенные затраты (12 строка)
15	=B8-B13	Производственная прибыль: валовая прибыль (8 строка) за вычетом суммарных затрат (13 строка)
16	=B15/B6	Норма прибыли: отношение прибыли (15 строка) и выручки от реализации (6 строка)
18	Фиксированное знач.	Цена изделия
19	Фиксированное знач.	Затраты на изделие

### Поиск оптимального решения

Допустим, что необходимо определить бюджет на рекламу в каждом квартале, соответствующий наибольшей годовой прибыли. Поскольку задаваемая в 3-й строке сезонная поправка входит в расчет числа продаж (строка 5) в качестве множителя, целесообразно увеличить затраты на рекламу в 4-м квартале, когда прибыль от продаж наибольшая, и уменьшить соответственно в 3-м квартале. **Поиск решения** (Solver) позволит найти наилучшее распределение затрат на рекламу по кварталам. В связи с тем, что точно неизвестно, будет ли такая модель зависимости прибыли от затрат на рекламу работать и в следующем году, целесообразно ввести ограничение расходов на рекламу.

Чтобы найти наилучшее решение:

1. Выделите оптимизируемую ячейку. В данном примере это ячейка F15 (общая прибыль за год; обратите внимание, что при исходных данных затрат на рекламу общая сумма прибыли равна 69 662 р.).
2. Выберите команду **Сервис, Поиск решения** (Tools, Solver). При этом появится незаполненное диалоговое окно **Поиск решения** (Solver Parameters) (рис. 12.2).

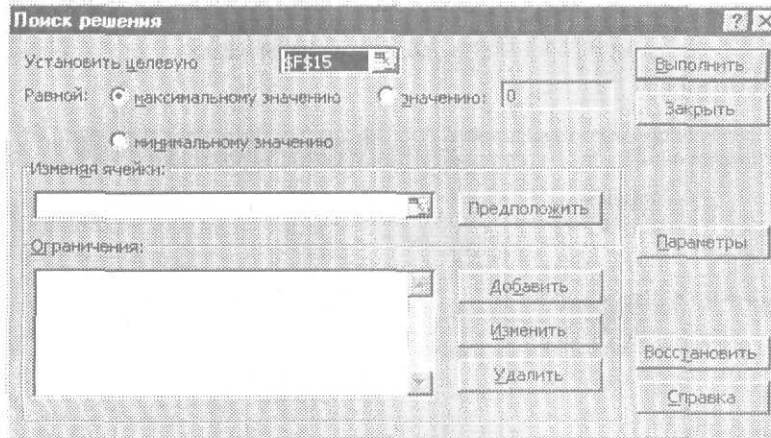


Рис. 12.2. Диалоговое окно **Поиск решения** (указана только целевая ячейка)

3. В поле **Установить целевую ячейку** (Set Target Cell) уже находится ссылка на выделенную на первом шаге ячейку. При необходимости эту ссылку можно изменить.
4. Установите тип взаимосвязи между целевой ячейкой и решением путем выбора переключателя в группе **Равной** (Equal To). Назначение этих переключателей описано в табл. 12.2. В данном случае нам требуется найти максимальное значение целевой ячейки.

Таблица 12.2. Переключатели группы **Равной** (Equal To)

Переключатель	Описание
Максимальному значению (Max)	Поиск максимального значения для целевой ячейки
Минимальному значению (Min)	Поиск минимального значения для целевой ячейки
Значению (Value Of)	Поиск заданного (фиксированного, рассчитываемого по формуле целевой ячейки) значения для целевой ячейки

5. В поле **Изменяя ячейки** (By changing cells) укажите ячейки-параметры, которые могут изменяться в процессе поиска решения. В данном примере это ячейки \$B\$11:\$E\$11 (расходы на рекламу в каждом квартале).

**ЗАМЕЧАНИЕ**

В некоторых случаях можно воспользоваться возможностью автоматического поиска ячеек-параметров. Для этого необходимо нажать кнопку **Предположить** (Guess). При этом в поле **Изменяя ячейки** (By changing cells) попадут все ячейки, не содержащие формулы и влияющие на формулу, ссылка на которую дана в поле **Установить целевую ячейку** (Set Target Cell).

6. Нажмите кнопку **Добавить** (Add), чтобы ввести ограничения для задачи. При этом откроется диалоговое окно **Добавление ограничения** (Add Constraint) (рис. 12.3).

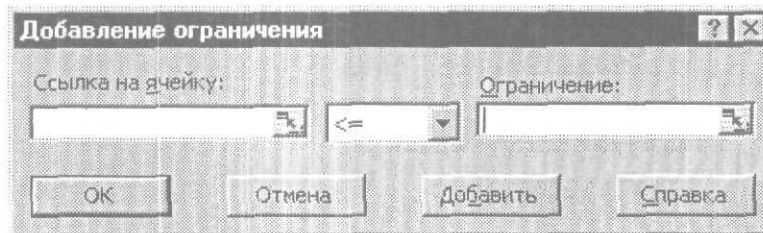


Рис. 12.3. Диалоговое окно **Добавление ограничения**

Введите первое ограничение. В данном примере значение в ячейке F11 (общие расходы на рекламу) не должно превышать 40 000.

7. В поле **Ссылка на ячейку** (Cell Reference) укажите ячейку F11, а в поле **Ограничение** (Constraint) введите число 40 000. Знак отношения  $\leq$ , установленный по умолчанию, в данном случае можно не изменять (рис 12.4).

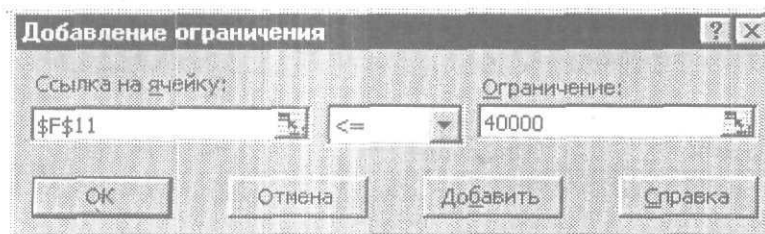


Рис. 12.4. Заполненное диалоговое окно **Добавление ограничения**

**ЗАМЕЧАНИЕ**

Если требуется указать более одного ограничения, прямо в этом же окне следует нажать кнопку **Добавить** (Add). При этом текущее ограничение будет добавлено в список ограничений задачи, а поля окна будут очищены для указания следующего ограничения. Для завершения ввода нескольких ограничений следует нажать кнопку **ОК**, когда в полях указано последнее из вводимых ограничений.

8. Нажмите кнопку **ОК**. В результате появится заполненное диалоговое окно **Поиск решения** (Solver Parameters) (рис. 12.5).

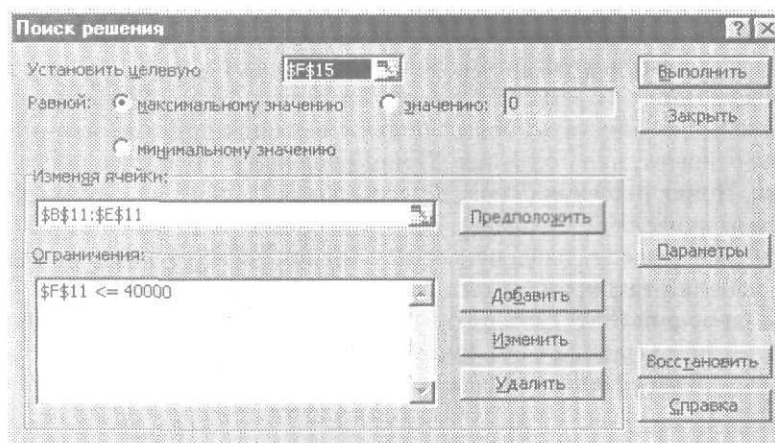


Рис. 12.5. Заполненное диалоговое окно Поиск решения

9. Нажмите кнопку **Выполнить** (Solve). По окончании поиска решения появится диалоговое окно **Результаты поиска решения** (Solver Results) (рис. 12.6).

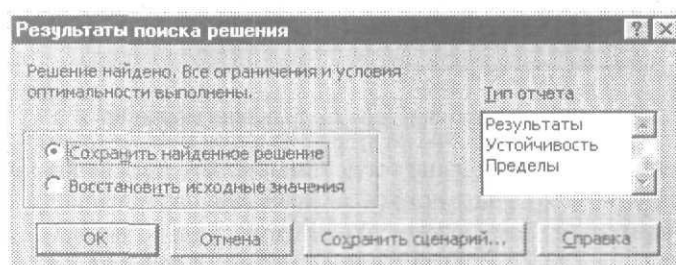


Рис. 12.6. Диалоговое окно Результаты поиска решения

10. Выберите переключатель **Сохранить найденное значение** (Keep Solver Solution), чтобы сохранить найденные значения, или переключатель **Восстановить исходные значения** (Restore Original Values), чтобы оставить значения, которые были на рабочем листе. С помощью этого диалогового окна можно сформировать отчет (как это сделать, описано ниже в разделе «Создание отчетов по результатам поиска решения»).
11. Нажмите кнопку **ОК**.

Решение, найденное с помощью средства **Поиск решения** (Solver), приведено в табл. 12.3.

Таблица 12.3. Найденное решение

Квартал	1	2	3	4
Расходы на рекламу	7273	12 346	5117	15 263

В итоге произошло перераспределение расходов на рекламу по кварталам, в результате чего прибыль увеличилась с 69 662 до 71 447 без увеличения общего (на год) бюджета на рекламу.

После нажатия кнопки **ОК** в окне **Результаты поиска решения** (Solver Results) (рис. 12.6) параметры модели автоматически сохраняются в именованных формулах на рабочем листе (и соответственно модель может быть сохранена в этом файле). Чтобы позднее запустить процесс поиска решения с другими ограничениями, необходимо открыть диалоговое окно **Поиск решения** (Solver Parameters) (командой **Сервис, Поиск решения** (Tools, Solver)) и отредактировать необходимые неравенства (мы сделаем это далее).

После того как решение найдено, можно сохранить ссылки на изменяемые ячейки, чтобы использовать их в составе сценария. Для этого нужно нажать кнопку **Сохранить сценарий** (Save Scenario) в диалоговом окне **Результат поиска решения** (Solver Results) (рис. 12.6). В предъявленном диалоговом окне (рис. 12.7) необходимо ввести имя сценария и нажать кнопку **ОС**.

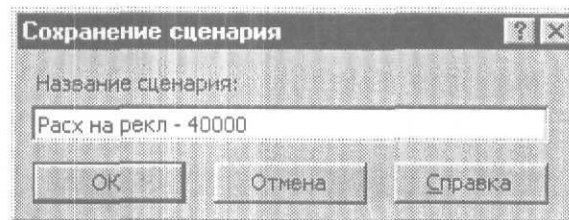


Рис. 12.7. Диалоговое окно **Сохранение сценария**

Под этим именем (которое должно быть уникальным для сценариев текущего рабочего листа) будут сохранены исходные значения, содержащиеся в изменяемых ячейках. Таким способом можно сохранить несколько вариантов решения, а затем с помощью диспетчера сценариев просмотреть и сравнить их.

#### ЗАМЕЧАНИЕ

Использование сценариев для работы с решениями оптимизационных задач описаны далее в этой главе (в том числе работа с диспетчером сценариев).

Можно сохранить параметры, но не запускать процесс поиска решения. Для этого в диалоговом окне **Поиск решения** (Solver Parameters) введите, как описано выше, новые необходимые величины и условия, а затем нажмите кнопку **Закрывать** (Close).

#### Изменение ограничений

**Поиск решения** (Solver) позволяет экспериментировать с различными параметрами задачи для определения наилучшего варианта решения. При этом, изменив ограничения, можно оценить изменение результата.

Оценим, как изменится изменение ограничения годового рекламного бюджета с 40 000 на 55 000 на размере общей прибыли.

Для этого выполните следующие действия:

- Выберите команду **Сервис, Поиск решения** (Tools, Solver).
- В диалоговом окне **Поиск решения** (Solver Parameters) в списке имеющихся ограничений **Ограничения** (Subject to the Constraints) выделите нужное ограничение и нажмите кнопку **Изменить** (Change).
- В предъявленном диалоговом окне **Изменение ограничения** (Change Constraint) измените условия ограничения (в данном случае замените число 40 000 на 55 000) и нажмите кнопку **ОК**.
- Нажмите кнопку **Выполнить** (Solve).
- В предъявленном окне **Результаты поиска решения** (Solver Results) (рис. 12.6) выберите переключатель **Сохранить найденное значение** (Keep Solver Solution) и нажмите кнопку **ОК**.

Результат представлен на рис. 12.8. Сумма прибыли при новом ограничении выросла с 71 447 до 76 097.

Microsoft Excel - Solvamp.xls  
F15    =СУММ(B15:E15)

**Краткий обзор надстройки "Поиск решения"**

Месяц	1 квартал	2 квартал	3 квартал	4 квартал	Всего
Сезонность	0,9	1,1	0,8	1,2	
Число продаж	3 624	5 414	2 863	6 443	18 344
Выручка от реализации	144 963р.	216 550р.	114 539р.	257 713р.	733 766р.
Затраты на сбыт	90 602	135 344	71 587	161 071	458 604
Валовая прибыль	54 361	81 206	42 952	96 642	275 162
Торговый персонал	8 000	8 000	9 000	9 000	34 000
Реклама	10 237	16 773	7 459	20 532	55 000
Косвенные затраты	21 745	32 483	17 181	38 657	110 066
Суммарные затраты	39 981	57 256	33 639	68 189	199 065
Продав. прибыль	14 380р.	23 951р.	9 313р.	26 454р.	76 097р.
Норма прибыли	10%	11%	8%	11%	10%

Ценовые обозначения

- Результат
- Изменяемые данные
- Ограничения

В следующих примерах показано, как для приведенной выше модели можно находить значения, для которых заданный параметр имеет наибольшее или наименьшее значение, вводить ограничения, и сохранять модель.

Строка	Содержимое	Пояснение
3	Фиксированное знач.	Сезонная поправка: во 2 и 4 кварталах уровень продаж выше, чем в 1 и 3.
5	=35*E3*(B11+3000)*0,5	Ожидаемое число продаж по кварталам: в строке 3 - сезонная поправка; в строке 11 отражены затраты на

Готово

Рис. 12.8. Результат решения задачи при новом ограничении

Ограничения можно удалить. Для этого в диалоговом окне **Поиск решения** (Solver Parameters) выделите ненужное неравенство и нажмите кнопку **Удалить** (Delete). Чтобы сбросить все параметры в диалоговом окне **Поиск решения** (Solver Parameters), нажмите кнопку **Восстановить** (Reset All).

### Виды ограничений

Помимо ограничений, представимых в виде равенств и неравенств (с помощью знаков  $\geq$ ,  $\leq$  и  $=$ ), можно использовать условие целочисленности.

По результатам последнего поиска решений в ячейке E11 (затраты на рекламу, первый квартал) содержится число 10 236, однако если выделить эту ячейку, то в строке формул будет выведена величина 10236,5858172001. Эта величина округляется при выводе на экран, однако при вычислении результата используются неокругленные значения. Аналогично нецелые числа с большим количеством знаков после запятой содержатся в ячейках C11, D11, E11.

Очевидно, что очень часто при решении оптимизационных задач изменяемые данные должны быть целочисленными (суммы должны быть, например, округлены до целых денежных единиц, количества штучных ресурсов должны быть целыми числами).

Чтобы в расчетах участвовали целочисленные значения, выберите команду Сервис, Шнек решения (Tools, Solver), введите условие целочисленности и запустите поиск снова. Чтобы добавить условие целочисленности для затрат на рекламу:

- В диалоговом окне **Поиск решения (Solver Parameters)** нажмите кнопку **Добавить (Add)**.
- В поле **Ссылка на ячейку (Cell Reference)** укажите ячейки **\$B\$11:\$E\$11**.
- **Выберите цел (int) в качестве операции сравнения** (рис. 12.9).
- Нажмите кнопку **ОК**. В результате в списке **Ограничения (Subject to the Constraint)** диалогового окна **Поиск решения (Solver Parameters)** появится строчка **\$B\$11:\$E\$11=целое**.
- Нажмите кнопку **Выполнить (Solve)**. Начнется поиск решения (из-за условия целочисленности процесс поиска может заметно замедлиться).

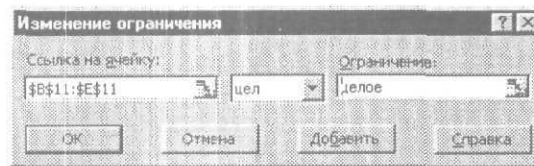


Рис. 12.9. Добавление условия целочисленности

Можно убедиться, что полученные результаты действительно целые, причем это не просто округленные значения предыдущего решения.

#### ЗАМЕЧАНИЕ

Еще одно возможное ограничение — это двоичная переменная. При использовании данного ограничения число в ячейке может принимать только значение ноль или единицы.

#### Изменение параметров работы

Настройка **Поиск решения (Solver)** позволяет изменить многие параметры работы при поиске решения, например поменять метод поиска ответа, ограничить время поиска, задать другую точность вычислений. При нажатии в диалоговом окне



**Поиск решения** (Solver Parameters) кнопки **Параметры** (Options) появляется диалоговое окно **Параметры поиска решения** (Solver Options) (рис. 12.10). Установки по умолчанию подходят для решения большинства типов оптимизационных задач. В табл. 12.4 приведены параметры надстройки **Поиск решения** (Solver) и их описание.

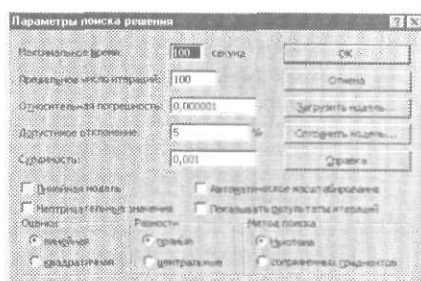


Рис. 12.10. Диалоговое окно **Параметры поиска решения**

Таблица 12.4. Параметры надстройки **Поиск решения** (Solver)

Параметр	Действие
Максимальное время (Max Time)	Максимальное время в секундах (не превышающее 32 767), которое может быть затрачено на поиск решения
Предельное число итераций (Iterations)	Максимальное число итераций, которые могут быть сделаны. Каждая итерация заключается в вычислении очередного значения (приближения) и проверке, насколько это значение подходит в качестве ответа
Относительная погрешность (Precision)	Задаёт точность выполнения ограничений. Поле должно содержать число из интервала от нуля до единицы
Допустимое отклонение (Tolerance)	В случае целочисленных ограничений задаёт, насколько близко в процентном отношении должен быть ответ к возможному наилучшему решению. При работе со сложными целочисленными задачами увеличение допустимого отклонения может привести к значительному ускорению работы. Используется только для целочисленных задач
Сходимость (Convergence)	Когда относительное изменение значения в целевой ячейке за последние пять итераций становится меньше числа, указанного в этом поле, поиск прекращается. Сходимость применяется только к нелинейным задачам (когда снят флажок <b>Линейная модель</b> (Assume Linear Model)). Поле должно содержать число из интервала от нуля до единицы

Окончание табл. 12.4

Параметр	Действие
Линейная модель (Assume Linear Model)	Служит для ускорения поиска решения линейной задачи оптимизации или линейной аппроксимации нелинейной задачи путем использования методов линейного программирования. Если рабочий лист содержит нелинейную модель, при запуске средства <b>Поиск решения</b> (Solver) будет появляться предупреждение
Неотрицательные значения (Assume Non-Negative)	Устанавливает неотрицательность всех переменных, для которых не заданы явные ограничения в виде неравенств
Показывать результаты итераций (Show Iteration Results)	Выводит промежуточный результат и делает паузу при каждой итерации. Для продолжения поиска решения необходимо каждый раз нажимать кнопку <b>Продолжить</b> (Continue). С помощью кнопки <b>Стоп</b> (Stop) можно остановить процесс
Автоматическое масштабирование (Use Automatic Scaling)	Служит для включения автоматической нормализации входных и выходных значений, качественно различающихся по порядку величины, например максимизация прибыли в процентах по отношению к вложениям, исчисляемым в млн р.
Оценки (Estimates)	Выбор линейного (Tangent) или квадратичного (Quadratic) метода оценки. Квадратичный метод имеет смысл использовать, если зависимости в модели сильно отличаются от линейных
Разности (Derivatives)	Служит для указания метода численного дифференцирования (прямые (Forward) или центральные (Central) производные), который используется для вычисления частных производных целевых и ограничивающих функций. Прямые производные предназначены для гладких непрерывных функций. Центральные производные — для функций, имеющих разрывную производную
Метод поиска (Search)	Служит для выбора алгоритма оптимизации (метод Ньютона (Newton) или сопряженных градиентов (Conjugate)) для указания направления поиска. При методе Ньютона запрашивается больше памяти, но выполняется меньше итераций, чем в методе сопряженных градиентов. Метод сопряженных градиентов следует использовать, если задача достаточно велика и необходимо экономить память, а также если итерации дают слишком малое отличие в последовательных приближениях

**ЗАМЕЧАНИЕ**

Не следует устанавливать значение параметра **Относительная погрешность** (Precision) много меньшим, нежели значение по умолчанию, поскольку ограниченная точность машинных вычислений не позволяет реально обеспечить малые значения относительной погрешности. С другой стороны, установка слишком больших значений относительной погрешности приводит к снижению точности найденного решения. Если величины, участвующие в вычислениях, очень велики или малы, то предпочтительнее использовать автоматическое масштабирование (флажок **Автоматическое масштабирование** (Use Automatic Scaling) вместо переустановки значения относительной погрешности.

**Если оптимальное решение не найдено**

Если надстройка **Поиск решения** (Solver) прекратила работу не найдя оптимального решения, то причинами этого могут быть:

- процесс поиска решения был прерван пользователем;
- в диалоговом окне **Параметры поиска решения** (Solver Options) установлен флажок **Показывать результаты итераций** (Show Iteration Results);
- пользователь нажал кнопку **Стоп** (Stop) в режиме пошагового выполнения итераций;
- количество итераций или время поиска решения превысило максимально допустимое;
- при решении нелинейной задачи в диалоговом окне **Параметры поиска решения** (Solver Options) установлен флажок **Линейная модель** (Assume Linear Model);
- значение целевой ячейки неограниченно возрастало или убывало;
- при использовании условия целочисленности задано слишком маленькое **Допустимое отклонение** (Tolerance) (параметр в диалоговом окне **Параметры поиска решения** (Solver Options));
- при решении нелинейной задачи с медленной сходимостью параметр **Сходимость** (Convergence) в диалоговом окне **Параметры поиска решения** (Solver Options) имеет слишком большое значение;
- модель включает переменные, значения которых отличаются на несколько порядков, и при этом флажок **Автоматическое масштабирование** (Use Automatic Scaling) в диалоговом окне **Параметры поиска решения** (Solver Options) не включен.

**ЗАМЕЧАНИЕ**

Если при решении нелинейной задачи найденное решение значительно отличается от ожидаемого, следует попробовать изменить начальные значения ячеек-параметров. Чтобы ускорить процесс решения, в качестве начальных лучше задать значения, близкие к ожидаемым.

Если для решения задачи используются линейные методы, начальные значения ячеек-параметров не оказывают влияния ни на результат, ни на время поиска.

### Создание отчетов по результатам поиска решения

По найденным результатам можно создавать отчеты. Такие отчеты полезны для сравнения влияния на решение различных ограничений или исходных данных. Отчеты бывают трех типов: **Результаты** (Answer), **Устойчивость** (Sensitivity), **Пределы** (Limit). Тип выбирается по окончании поиска решения в диалоговом окне **Результаты поиска решения** (Solver Results) в списке **Отчеты** (Reports) (рис. 12.11). Можно выбрать сразу два или три типа с помощью мыши при нажатой клавише <Ctrl>. Каждый отчет будет создан на отдельном рабочем листе. Содержание отчетов кратко описано в табл. 12.5.

Рассмотрим подробнее процесс создания отчетов и их содержание.

Таблица 12.5. Содержание отчетов

Тип отчета	Содержание
Результаты (Answer)	Отчет состоит из целевой ячейки и списка влияющих ячеек модели, их исходных и конечных значений, а также формул ограничений и дополнительных сведений о наложенных ограничениях
Устойчивость (Sensitivity)	Отчет содержит сведения о чувствительности решения к малым изменениям в формуле модели или в формулах ограничений. Такой отчет не создается для моделей, значения в которых ограничены множеством целых чисел. В случае нелинейных моделей отчет содержит данные для градиентов и множителей Лагранжа. В отчет по нелинейным моделям включаются ограниченные затраты, фиктивные цены, объективный коэффициент (с некоторым допуском), а также диапазоны ограничений справа
Пределы (Limit)	Отчет состоит из целевой ячейки и списка влияющих ячеек модели, их значений, а также нижних и верхних границ. Такой отчет не создается для моделей, значения в которых ограничены множеством целых чисел. Нижним пределом является наименьшее значение, которое может содержать влияющая ячейка, в то время как значения остальных влияющих ячеек фиксированы и удовлетворяют наложенным ограничениям. Соответственно верхним пределом называется наибольшее значение

Для рассматриваемой задачи (на рабочем листе **Краткий обзор**) запустим решение задачи, как описано выше (например с последним значением целевой ячейки и последними установленными ограничениями; однако ограничения по целочисленности следует удалить).

После предъявления окна **Результаты поиска решения** (Solver Results) (рис. 12.11) в списке **Тип отчета** (Reports), удерживая клавишу <Ctrl>, щелчками мыши выберите все три типа отчетов (рис. 12.11) и нажмите кнопку **ОК**.

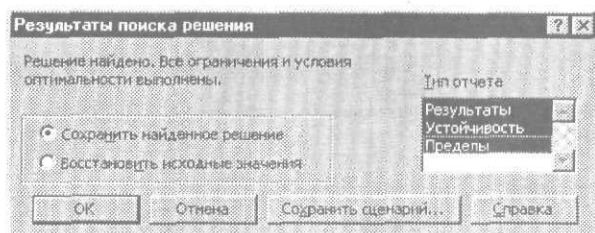


Рис. 12.11. Указание необходимых отчетов в диалоговом окне **Результаты поиска решения**

При этом перед рабочим листом, на котором размещена модель оптимизационной задачи, будут автоматически вставлены рабочие листы с соответствующими названиями (отчет по....). Если в рабочей книге уже есть лист с таким названием, то в конце названия рабочего листа будет изменен номер.

Примеры отчетов для рассматриваемой задачи представлены на рис. 12.12–12.14.

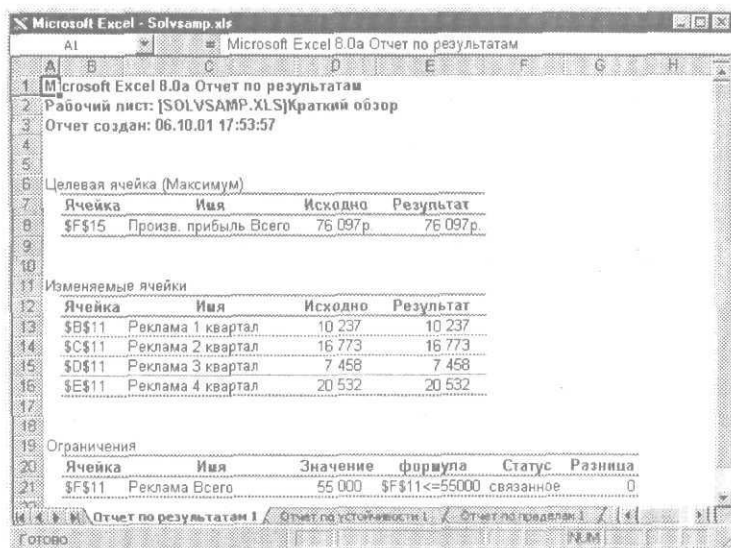


Рис. 12.12. Пример отчета по результатам решения оптимизационной задачи

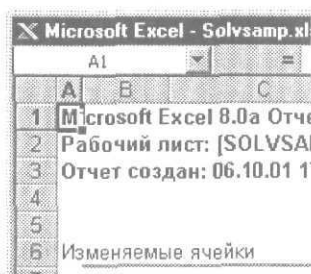


Рис. 12.13. Пример отчета по устойчивости

Microsoft Excel 8.0a Отчет по пределам

Рабочий лист: [SOLVSAMP.XLS] Краткий обзор  
Отчет создан: 06.10.01 17:53:57

Целевое			
Ячейка	Имя	значение	
\$F\$15	Произв. прибыль Всего	76 097р.	

Изменяемое			Нижний предел	Целевое результат	Верхний предел	Целевое результат
Ячейка	Имя	значение				
\$B\$11	Реклама 1 квартал	10 237	#И/Д	#И/Д	10 237	76 097
\$C\$11	Реклама 2 квартал	16 773	#И/Д	#И/Д	16 773	76 097
\$D\$11	Реклама 3 квартал	7 458	#И/Д	#И/Д	7 458	76 097
\$E\$11	Реклама 4 квартал	20 532	#И/Д	#И/Д	20 532	76 097

Рис. 12.14. Пример отчета по пределам

### Сохранение параметров модели

Последние использованные параметры модели сохраняются на рабочем листе, для этого применяются именованные формулы. При следующем открытии рабочего листа и запуске средства **Поиск решения** (Solver) появится диалоговое окно с теми же параметрами, которые были установлены при предыдущем запуске. Каждый рабочий лист в рабочей книге также имеет установки, определенные в предыдущем сеансе Excel.

В некоторых случаях желательно иметь несколько наборов параметров. Например, для рассмотрения разных решений при различных ограничениях каждый из таких наборов ограничений можно хранить в ячейках рабочего гнета и быстро загружать необходимые установки.

### ЗАМЕЧАНИЕ

Именно в этом заключается принципиальное отличие сохранения и загрузки параметров модели от описанного далее использования сценариев. Каждый сценарий позволяет сохранить для последующего использования **ТОЛЬКО** значения изменяемых ячеек, влияющих (прямо или косвенно) на целевую ячейку (наборы ограничений не сохраняются). Сохранение параметров модели позволяет зафиксировать наборы ограничений и диапазоны ячеек, содержащих изменяемые значения и влияющих на целевую ячейку (очевидно, что значения изменяемых ячеек фиксировать не нужно, так как они могут быть рассчитаны на основе сохраненных ограничений).

Сохранение параметров модели осуществляется с помощью кнопки **Сохранить модель** (Save Model) в диалоговом окне **Параметры поиска решения** (Solver Options):

- Указать необходимые ограничения, как описано выше (рис. 12.15), и щелкнуть кнопку **Параметры** (Options). Появляется диалоговое окно **Параметры поиска решения** (Solver Options).
- Заполнить поля в диалоговом окне **Параметры поиска решения** (Solver Options) значениями, которые следует сохранить (рис. 12.16) — в данном случае, в отличие от стандартных параметров, по умолчанию включен параметр **Линейная модель** (Assume Linear Model).
- Нажать кнопку **Сохранить модель** (Save Model) — при этом появится окно для указания диапазона ячеек, в которых будут сохранены параметры модели (рис. 12.17).
- На рабочем листе выделить диапазон ячеек, задающих область модели. Число выделенных ячеек должно равняться числу ограничений модели плюс три. Если выделено недостаточное количество ячеек, то Excel посоветует выбрать другой диапазон. Если выделена одна ячейка, диапазон будет выбран автоматически. В нашем случае щелкнем ячейку K21.
- Нажмите кнопку **ОК**, чтобы принять предлагаемый диапазон размещения модели (поле **Задать область модели** (Select Model)), либо укажите другой (в нашем случае модель будет сохранена в диапазоне K21:K25). Снова нажмите кнопку **ОК** во вновь появившемся диалоговом окне **Параметры поиска решения** (Solver Options).
- Нажмите кнопку **Закреть** (Close) в диалоговом окне **Поиск решения** (Solver Parameters).

Выбранный диапазон ячеек будет заполнен параметрами модели. На рис. 12.18 показан пример сохраненной модели (область рабочего листа (ячейки K21:K25), где хранятся параметры модели, выделена цветом и помещена в двойную рамку).

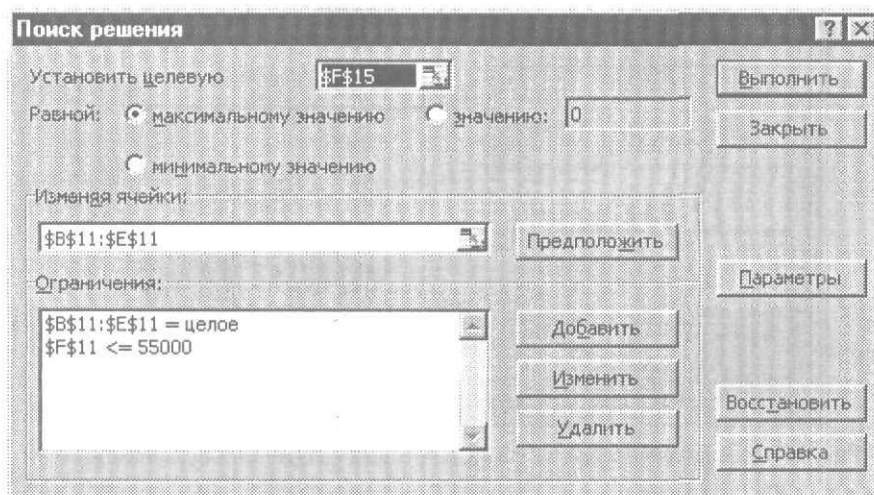


Рис. 12.15. Сохраняемые ограничения и ссылка на диапазон изменяемых ячеек

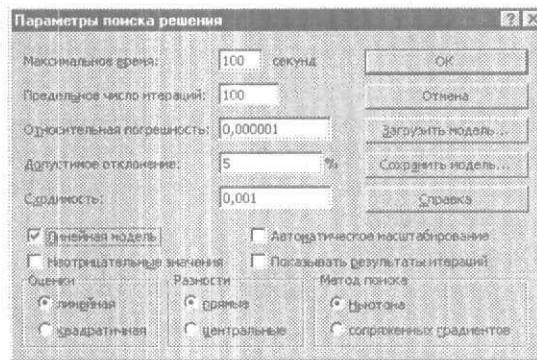


Рис. 12.16. Сохраняемые параметры решения



Рис. 12.17. Указание диапазона ячеек для сохранения параметров решения

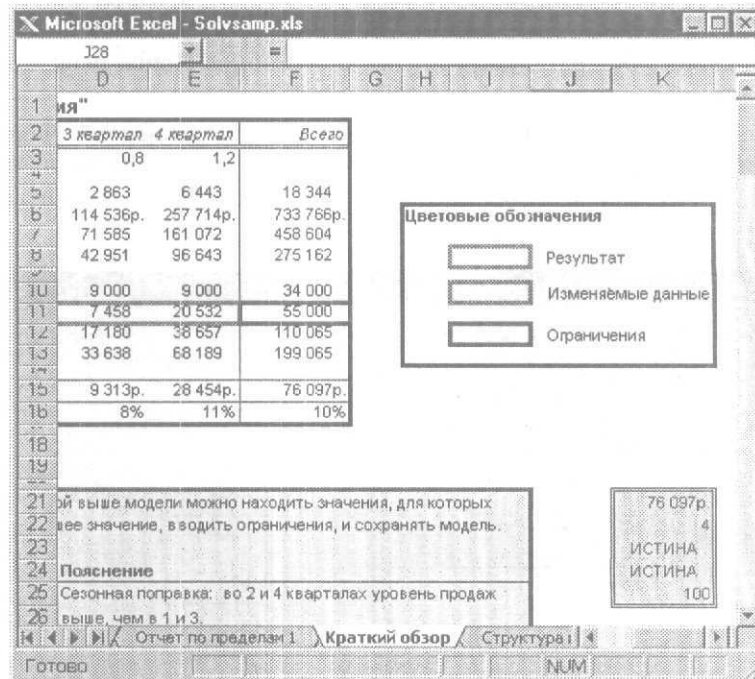


Рис. 12.18. Диапазон ячеек K21:K25, в которых сохранены параметры модели

Рассмотрим на этом примере, в каком виде настройка **Поиск решения** (Solver) сохраняет в ячейках параметры модели.



Таблица 12.6. Ячейки, в которых сохранены параметры модели

Ячейка	Отображаемое значение	Формула	Назначение
K21	76 097р.	=МАКС(\$F\$15)	Этой формулой указана целевая ячейка и указано, что решение предназначено для достижения максимального значения
K22	4	=СЧЁТ(\$B\$11:\$E\$11)	Этой формулой указывается диапазон изменяемых ячеек
K23	ИСТИНА	=\$F\$11<=55000	Этой формулой указано первое ограничение
K24	ИСТИНА	=\$B\$11:\$E\$11=ЦЕЛОЕ (\$B\$11:\$E\$11)	Этой формулой указано второе ограничение — целочисленность значений изменяемых ячеек
K25	100	= {100:100:0,000001:0,05: ИСТИНА:ЛОЖЬ: ЛОЖЬ:1:1:1:0,001: ЛОЖЬ}	В этой формуле зафиксированы параметры поиска решения (табл. 12.4), устанавливаемые в соответствующем окне

### Загрузка параметров модели

Последние использованные параметры модели сохраняются на рабочем листе, для этого применяются именованные формулы. При следующем открытии рабочего листа и запуске средства **Поиск решения** (Solver) появится диалоговое окно с теми же параметрами, которые были установлены при предыдущем запуске. Каждый рабочий лист в рабочей книге также имеет установки, определенные в предыдущем сеансе Excel.

Для загрузки сохраненных параметров модели:

- выберите команду **Сервис, Поиск решения** (Tools, Solver);
- нажмите кнопку **Параметры** (Options);
- нажмите кнопку **Загрузить модель** (Load Model);
- выделите диапазон ячеек, содержащий параметры модели (в нашем случае это диапазон K21:K25), и нажмите кнопку **ОК**;
- если какие-либо значения были изменены, появится окно с предупреждением. Нажмите кнопку **ОК**;
- в диалоговом окне **Параметры поиска решения** (Solver Options) нажмите кнопку **ОК**;

- нажмите кнопку **Выполнить** (Solve), чтобы запустить процесс поиска, или кнопку **Заккрыть** (Close), чтобы запустить этот процесс позднее с выбранными параметрами.

### Использование моделей параметров в наших примерах

Сохранение параметров модели позволяет сохранять (а затем загружать и использовать) на рабочем листе параметры любого числа моделей — столько же моделей, сколько необходимо для дальнейшего сравнительного анализа. Во всех приводимых нами (в этой части книги) примерах решения оптимизационных задач мы в большинстве случаев сохраняем в выделенных областях рабочего листа параметры как минимум двух моделей (не считая модели, параметры которой надстройка **Поиск решения** (Solver) по умолчанию сохраняет в именованных формулах рабочего листа).

Таким образом, читателям доступны три модели. Различия между моделями могут быть как незначительными — например, только изменено число в каком-либо ограничении, так и существенными — изменения набора ограничений и прочее.

### Использование сценариев при решении оптимизационных задач

При решении оптимизационных задач часто возникает необходимость сохранить варианты решения, имеющие множество исходных данных, причем необходимо четко представлять, как изменения исходных данных первых влияют на результат.

Ощутимую помощь в анализе такого рода задач могут оказать сценарии Excel.

*Сценарий Excel* — это инструмент, позволяющий моделировать различные физические, экономические, математические и другие задачи. Он представляет собой зафиксированный в памяти компьютера набор значений ячеек рабочего листа. Используя сценарии, можно сохранить в памяти компьютера несколько наборов исходных данных так, чтобы их можно было быстро загрузить (и получить результат, соответствующий этому набору исходных данных).

Таким образом, создав сценарий, пользователь получает возможность узнать, что произойдет с результатом, если поменять исходные значения в некоторых ячейках листа. Кроме того, в случае необходимости всегда можно вернуться к одному из вариантов, рассмотренных ранее.

### ЗАМЕЧАНИЯ

Конечно, для изучения и сравнения различных вариантов решения вполне подходит рассмотренная выше загрузка параметров различных моделей — сразу же после расчета мы получаем результат (значение целевой ячейки) для загруженной модели. Однако использование сценариев, содержащих уже найденные результаты решений оптимизационной задачи, с точки зрения удобства быстрой подстановки исходных данных и просмотра результатов, может оказаться более удобным, чем загрузка параметров очередной модели.

Сценарии Excel можно использовать не только при работе с решениями оптимизационных задач. Сценарии очень удобны при решении задач подбора

параметров и вообще в тех случаях, когда необходимо зафиксировать несколько различных наборов исходных данных, содержащих большое количество ячеек (безусловно, последняя задача может быть решена в электронных таблицах и без использования сценариев, но отказ от работы с ними приведет к формированию большого количества независимых листов рабочей книги — по одному для каждого набора исходных данных).

В отличие от средства **Поиск решения** (Solver), реализованного в виде дополнительной надстройки, возможность работы со сценариями является неотъемлемой функцией Excel, доступной пользователю независимо от какой-либо надстройки.

Excel сохраняет сценарии в рабочем листе (в котором используются наборы исходных данных).

---

### Способы создания сценариев

Сценарий можно создать следующими способами:

- используя раскрывающийся список **Сценарий** (Scenario) на панели инструментов;
- при помощи средства **Диспетчер сценариев** (Scenario Manager);
- нажатием кнопки **Сохранить сценарий** (Save Scenario) в диалоговом окне **Результат поиска решения** (Solver Results) (рис. 12.6). При этом в предъявленном диалоговом окне (рис. 12.7) необходимо ввести имя сценария и нажать кнопку **ОК**.

---

### ЗАМЕЧАНИЕ

Только последний из этих способов непосредственно связан с последовательностью решения оптимизационной задачи. Так как он очень прост, то далее мы не будем рассматривать этот способ подробно. Остальные способы доступны в любых других случаях, когда требуется сохранить набор исходных данных, а не только при решении оптимизационной задачи.

---

### Использование списка Сценарий (Scenario)

Установка списка **Сценарий** (Scenario) состоит из двух этапов:

- создание новой панели инструментов;
- перетаскивание на нее списка **Сценарий** (Scenario).

Для создания новой панели команд необходимо вызвать диалоговое окно **Настройка** (Customize). Для этого необходимо:

- дважды щелкнуть левой кнопкой мыши на любом свободном месте панели команд или
- один раз щелкнуть правой кнопкой мыши на любом свободном месте панели команд и в появившемся меню выбрать пункт **Настройка** (Customize) (рис. 12.19) или

- один раз щелкнуть правой кнопкой мыши на любом элементе любой панели и в появившемся меню выбрать пункт **Настройка** (Customize) (рис. 12.19) или
- выполнить команду **Вид, Панели инструментов, Настройка** (View, Toolbars, Customize).

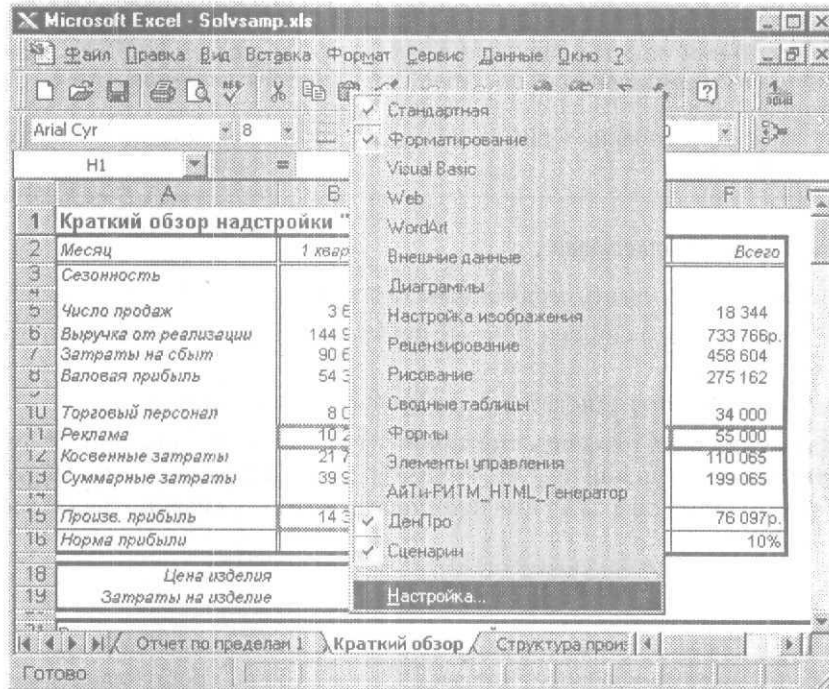


Рис. 12.19. Меню для вызова диалогового окна **Настройка** (Customize)

В предьявленном диалоговом окне **Настройка** (Customize) необходимо перейти на вкладку **Панели инструментов** (Toolbars) и нажать кнопку **Создать** (New) (рис. 12.20).

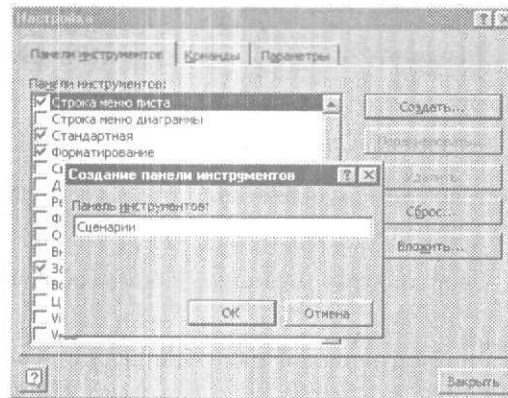
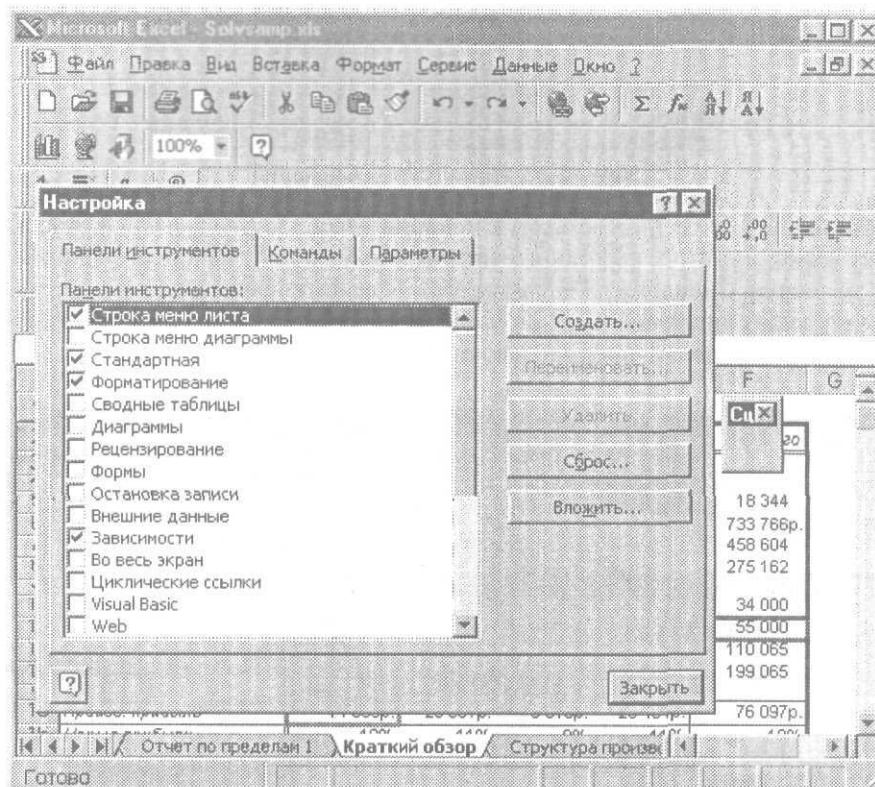


Рис. 12.20. Указание имени новой панели

В предъявленном диалоговом окне **Создание панели инструментов** (New Toolbar) введите в поле **Панель инструментов** (Toolbar Name) название новой панели (в нашем случае — «Сценарий») (рис. 12.20.). По умолчанию Excel предлагает имя панели (например, «Настраиваемая 1» («Custom 1»). Название может содержать от 1 до 256 символов, включая пробелы.

Нажмите кнопку **ОК**, чтобы создать новую панель инструментов с присвоенным вами именем. В окне документа появится новая панель шириной в одну кнопку (рис. 12.21). Окно **Настройка** (Customize) закрывать не нужно.



**Рис. 12.21.** Новая панель создана

(она имеет ширину в одну кнопку, поэтому в заголовке панели отображаются только две первые буквы названия **Сценарий**)

Первый этап завершен — новая панель создана. Теперь необходимо перетащить на нее список **Сценарий** (Scenario).

Перейдите на вкладку **Команды** (Commands) диалогового окна **Настройка** (Customize) и выберите в левом списке элемент **Сервис** (Tools).

Найдите в правом списке пиктограмму **Сценарий** (Scenario) (рис. 12.22).

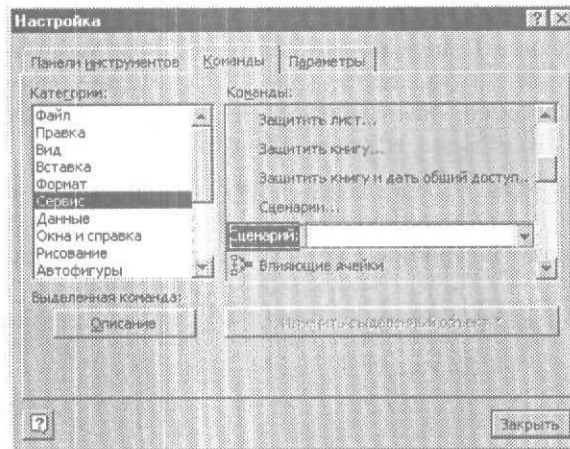


Рис. 12.22. Пиктограмма Сценарий

Один раз щелкните пиктограмму **Сценарий** левой кнопкой мыши и, удерживая кнопку мыши нажатой, перетащите пиктограмму на новую панель (в нашем случае — на панель **Сценарии**). Результат этой операции представлен на рис. 12.23, в данном случае список сценариев пустой (предполагаем, что в активном рабочем листе еще не определен ни один сценарий).

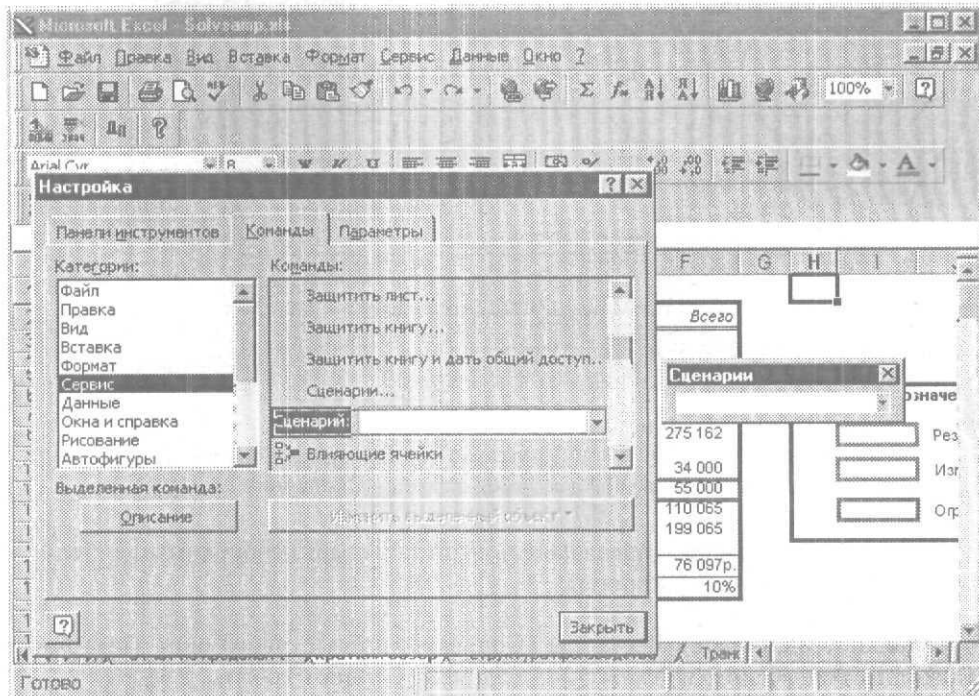


Рис. 12.23. Список Сценарий (Scenario) помещен на новую панель Сценарии

Теперь диалоговое окно **Настройка** (Customize) можно закрыть, а панель **Сценарии** отбуксировать в удобную для вас область экрана.

#### ЗАМЕЧАНИЕ

Конечно, аналогичной последовательностью действий можно «вытащить» список **Сценарий** (Scenario) на любую другую панель Excel (например, на какую-нибудь стандартную постоянно используемую). Однако, так как список **Сценарий** (Scenario) является «длинным» элементом управления, мы считаем, что для оптимального использования пространства экрана его удобнее использовать на отдельной специально выделенной панели.

Итак, мы готовы к созданию первого сценария – с помощью списка **Сценарий** (Scenario).

Решите нашу оптимизационную задачу, как было описано выше, с ограничением суммы, выделяемой на рекламу, в 40 тыс. р.

Выделите ячейки B11:E11 (они содержат изменяемые данные, теперь подобранные для решения задачи с заданным нами ограничением).

Щелкните область списка **Сценарий** (Scenario) и введите имя сценария – в нашем случае «Расх на рекл – 40 000» (рис. 12.24).

1	Краткий обзор надстройки "Поиск решения"					
2	Месяц	1 квартал	2 квартал	3 квартал	4 квартал	Всего
3	Сезонность	0,9	1,1	0,8	1,2	
4	Число продаж	3 193	4 769	2 523	5 676	16 161
5	Выручка от реализации	127 709р.	190 776р.	100 906р.	227 039р.	646 430р.
6	Затраты на сбыт	79 818	119 235	63 066	141 899	404 019
7	Валовая прибыль	47 891	71 541	37 840	85 140	242 411
8	Торговый персонал	8 000	8 000	9 000	9 000	34 000
9	Реклама	7 273	12 328	5 117	15 283	40 000
10	Косвенные затраты	19 156	26 616	15 136	34 056	96 965
11	Суммарные затраты	34 430	48 963	29 253	58 319	170 965
12	Произв. прибыль	13 461р.	22 578р.	8 587р.	26 620р.	71 447р.
13	Норма прибыли	11%	12%	9%	12%	11%
14	Цена изделия	40р.				
15	Затраты на изделие	25р.				

Список сценариев: Расх на рекл - 40000

Готово: Сумма=40 000

Рис. 12.24. Указание имени сценария в списке **Сценарий** (Scenario)

Сценарий создан. Чтобы создать новый сценарий, следует изменить значения ячеек исходных данных, выделить эти ячейки и указать (аналогично вышеописанному) имя нового сценария.

Однако мы рассмотрим второй способ создания сценариев — с помощью **Диспетчера сценариев** (Scenario Manager).

### Диспетчер сценариев

Для создания сценария с помощью диспетчера сценариев:

- Решите нашу оптимизационную задачу, как было описано выше, с ограничением суммы, выделяемой на рекламу, в 55 тыс. р. и с целочисленным ограничением.
- Выделите ячейки исходных данных (в нашем случае это ячейки B11:E11).
- Выполните команду **Сервис, Сценарии** (Tools, Scenarios). При этом будет предъявлено диалоговое окно **Диспетчер сценариев** (Scenario Manager) (рис. 12.25, в окне отображается созданный ранее сценарий с именем «Расх на рекл — 40 000»).

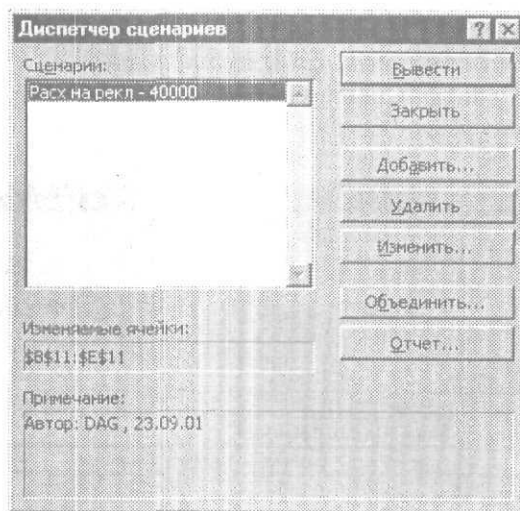


Рис. 12.25. Диалоговое окно Диспетчер сценариев

- Нажмите кнопку **Добавить** (Add). Появится диалоговое окно **Добавление сценария** (Add Scenario) (рис. 12.26).
- В поле **Название сценария** (Scenario name) введите имя создаваемого сценария (в нашем случае — «Расх на рекл — 55 000»).
- Если необходимо, измените диапазон изменяемых ячеек в поле **Изменяемые ячейки** (Changing cells). Для этого необходимо щелкнуть это поле и на рабочем листе выделить необходимые ячейки.
- Нажмите кнопку **ОК**.
- Появится диалоговое окно **Значения ячеек сценария** (Scenario Values) (рис. 12.27). Здесь можно изменить значения выбранных ячеек (эти значения будут сохранены в сценарии).



- Нажмите кнопку **ОК**.
- На экран снова будет выведено диалоговое окно **Диспетчер сценариев (Scenario Manager)**, в списке появится имя только что созданного сценария (рис. 12.28). Нажмите кнопку **Закреть (Close)**.

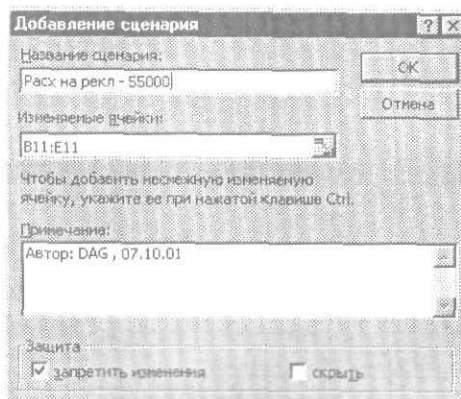


Рис. 12.26. Диалоговое окно Добавления сценария

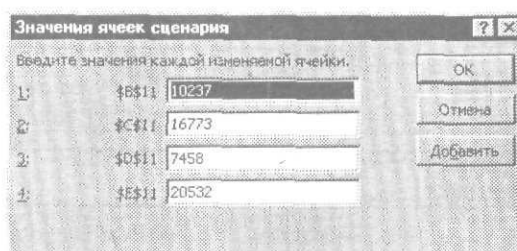


Рис. 12.27. Диалоговое окно Значения ячеек сценария

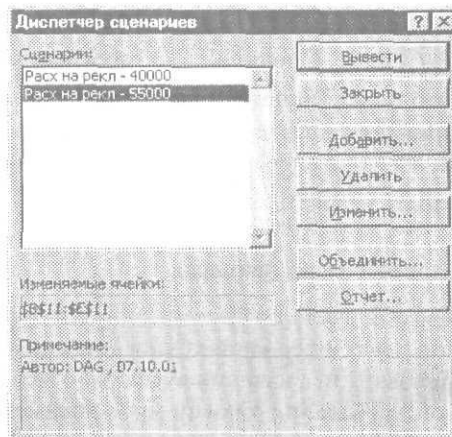


Рис. 12.28. Новый сценарий добавлен с помощью диспетчера сценариев

### Выбор сценария

Переключение между сценариями можно выполнять как при помощи раскрывающегося списка **Сценарий** (Scenario), так и с помощью диспетчера сценариев.

В первом случае необходимо установить указатель на стрелку справа от списка **Сценарий** (Scenario) на панели инструментов и щелкнуть левой кнопкой мыши для его раскрытия (рис. 12.29). Из списка следует выбрать нужный сценарий. При этом значения изменяемых ячеек будут отредактированы, а рабочий лист пересчитан.

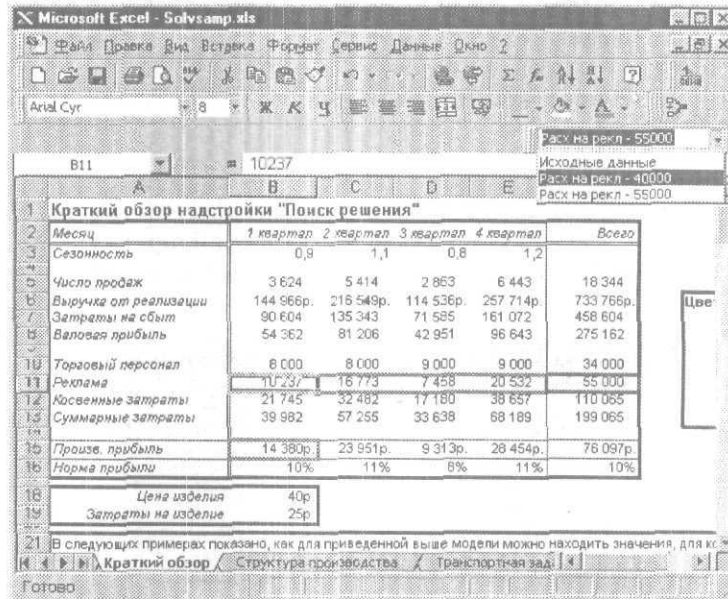


Рис. 12.29. Выбор сценария из раскрывающегося списка **Сценарий** (Scenario)

Во втором случае необходимо:

- выполнить команду **Сервис, Сценарии** (Tools, Scenarios);
- в списке диалогового окна **Диспетчер сценариев** (Scenario Manager) выбрать имя нужного сценария и дважды щелкнуть по нему левой кнопкой мыши. Excel подставит значения ячеек из сценария и пересчитает рабочий лист;
- нажать кнопку **Заккрыть** (Close).

### Использование сценариев в наших примерах

В большинстве примеров решения оптимизационных задач мы сохраняли в рабочих листах как минимум три сценария. Один сценарий обязательно имеет имя «Исходные данные» и содержит значения ячеек рабочего листа, которые были до решения оптимизационной задачи с какими-либо параметрами и ограничениями. Остальные два сценария имеют имена, отражающие суть решения, основанного на значениях этих сценариев.

### Дополнительные вопросы использования сценариев

Сценарии являются очень мощным средством Excel, — многие аспекты их использования не относятся непосредственно к рассматриваемым в этой книге вопросам.

Вот эти аспекты:

- изменения сценариев;
- комбинирование сценариев (с целью исследования влияния различных фрагментов исходных данных на итоговый результат);
- результаты работы сценариев (представление результатов в виде сводных таблиц на отдельном рабочем листе);
- средства управления сценариями.

Мы рекомендуем читателям изучить эти вопросы с помощью встроенной справки Excel или более полного справочника по работе с Excel.

### Изменение исходных данных

Завершая изучение методики использования надстройки **Поиск решения** (Solver), мы решили показать результат поиска оптимального решения для этого же примера (ограничение равно 40 000), но для других исходных данных. На рис.12.30 представлены исходные данные при других значениях коэффициента сезонности (ячейки В3:Е3). Обратите внимание, что так как общая сумма коэффициентов сезонности не изменилась, то исходная прибыль (при исходных затратах на рекламу) точно такая же — равна прибыли при первом варианте значений коэффициентов сезонности.

Выполним расчет.

1	Краткий обзор надстройки "Поиск решения"					
2	Месяц	1 квартал	2 квартал	3 квартал	4 квартал	Всего
3	Сезонность	0,95	1,05	0,85	1,15	
4	Число продаж	3 791	4 190	3 392	4 589	15 962
5	Выручка от реализации	151 643р.	167 606р.	135 681р.	183 568р.	638 498р.
6	Затраты на сбыт	94 777	104 754	84 801	114 730	399 061
7	Валовая прибыль	56 866	62 852	50 880	68 838	239 437
8	Торговый персонал	8 000	8 000	9 000	9 000	34 000
9	Реклама	10 000	10 000	10 000	10 000	40 000
10	Косвенные затраты	22 746	25 141	20 352	27 535	95 775
11	Суммарные затраты	40 746	43 141	39 352	46 535	169 775
12	Произв. прибыль	16 120р.	19 711р.	11 528р.	22 303р.	69 662р.
13	Норма прибыли	11%	12%	8%	12%	11%
14	Цена изделия	40р.				
15	Затраты на изделие	25р.				

Рис. 12.30. Пример при новых исходных данных

На рис. 12.31 представлено найденное оптимальное решение.

1	Краткий обзор надстройки "Поиск решения"					
2	Месяц	1 квартал	2 квартал	3 квартал	4 квартал	Всего
3	Сезонность	0,95	1,05	0,85	1,15	
4	Число продаж	3 579	4 372	2 865	5 245	16 062
5	Выручка от реализации	143 171р.	174 899р.	114 611р.	209 795р.	642 476р.
6	Затраты на сбыт	89 462	109 312	71 632	131 122	401 548
7	Валовая прибыль	53 689	65 587	42 979	78 673	240 929
8	Торговый персонал	8 000	8 000	9 000	9 000	34 000
9	Реклама	8 588	11 156	6 276	13 980	40 000
10	Косвенные затраты	21 476	28 235	17 192	31 489	98 371
11	Суммарные затраты	38 064	45 391	32 468	54 449	170 371
12	Произв. прибыль	15 626р.	20 196р.	10 512р.	24 224р.	70 557р.
13	Норма прибыли	11%	12%	9%	12%	11%
14	Цена изделия	40р.				
15	Затраты на изделие	25р.				

Рис. 12.31. Оптимальное решение при новых значениях коэффициентов сезонности

Очевидно, что при новых значениях коэффициента сезонности нам следует по-другому (по сравнению с оптимальным решением для исходных значений коэффициентов сезонности) распределить между кварталами затраты на рекламу.

### Настройка Поиск решения и защищенные рабочие листы

Настройка **Поиск решения** (Solver) НЕ РАБОТАЕТ с рабочими листами, на которые установлена защита, даже если ни одна из ячеек не должна быть защищена.

При попытке вызова надстройки в этой ситуации пользователю предьявляется диалоговое окно, представленное на рис. 12.32.

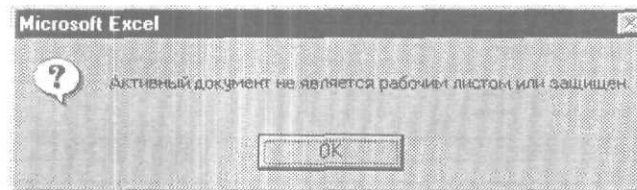


Рис. 12.32. Сообщение об ошибке при вызове надстройки **Поиск решения** (Solver), когда активный рабочий лист является защищенным

В связи с этим во всех рассматриваемых примерах рабочие листы оптимизационных задач НЕ ЗАЩИЩЕНЫ. Поэтому будьте аккуратны при вводе исходных

данных и различных изменениях структуры рабочих листов, чтобы не нарушить формулы. Конечно, если вы что-то испортите, то всегда сможете использовать копию файла, находящегося на дискете, прилагаемой к книге. Однако нужно помнить, что необнаруженная ошибка вполне может привести к пустым затратам времени и усилий на эксперименты с различными исходными данными. Например, если случайно введено число вместо формулы, которая влияет на целевую ячейку или используется в ограничениях, то либо найденное решение будет неоптимальным, либо решение не может быть найдено.

В отдельных, специально оговоренных случаях, мы используем защищенные рабочие листы, когда различные элементы постановки задачи находятся на разных рабочих листах.

### Глава 13. ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ ЗАДАЧ

В этой главе рассматриваются примеры, также представленные в файле *Solvsamp.XLS*.

#### Задача на оптимальное распределение ресурсов

Задача находится на рабочем листе **Структура производства** (рис. 13.1). Суть задачи заключается в нахождении оптимального сочетания объемов производства телевизоров, стереосистем и акустических систем в условиях ограничений по числу комплектующих, причем одни и те же комплектующие используются в изделиях всех трех типов. *Необходимо найти такие объемы производства изделий, чтобы комплектующие использовались наиболее оптимально. Целевой функцией является максимизация прибыли (ячейка D18).*

Изменяемые данные (количество выпускаемых изделий каждого вида) находятся в ячейках D9:F9.

Количество использованных комплектующих не должно превышать их запаса на складе (значения ячеек C11:C15 должны быть меньше значений соответствующих ячеек B11:B15; это одно из ограничений задачи).

В ячейках D11:F15 указано, сколько комплектующих каждого типа необходимо для выпуска единицы продукции соответствующего вида.

Количество выпускаемых единиц продукции любого типа должно быть больше нуля или равно нулю (очевидно, что объем выпуска не должен быть отрицательным).

#### ЗАМЕЧАНИЕ

Кстати, в подобных моделях возможно и указание некоторого неотрицательного числа — то есть, например, при оптимальном решении завод должен выпустить как минимум один телевизор, одну акустическую и стереосистему (это еще одно ограничение). Такие ограничения достаточно часто встречаются в реальной жизни. Например, найденное числовое оптимальное решение рекомендует вообще не выпускать продукцию одного или нескольких типов, однако качественные соображения целесообразности поддержания ассортиментного разнообразия требуют всё же выпускать менее рентабельную продукцию в каких-то объемах.

Интересной особенностью этой модели является наличие коэффициента отдачи (ячейка H15). Этот коэффициент (предполагается, что он найден эмпирическим путем из предыдущей статистики работы этого производства) отражает тот факт, что с увеличением объемов производства норма прибыли снижается. С математической точки зрения наличие этого коэффициента интересно тем, что если он имеет значение меньше единицы, то это вносит в данную модель «нелинейность».

Для удобства работы и обеспечения «свободы эксперимента» мы создали несколько сценариев данных. Сценарии доступны с помощью списка или диспетчера сценариев — см. предыдущую главу. Вот перечень сценариев для различных вариантов исходных данных (табл. 13.1).

**Таблица 13.1.** Сценарии исходных данных

Имя сценария	Диапазон ячеек	Примечания
Исходные данные	D9:F9	Это изменяемые данные (объемы производства). Этот сценарий задает для каждой из ячеек значение 100 — хотя можно было бы использовать любые другие значения, все равно они будут изменены при решении задачи
Исходный склад	B11:B15	Это первый вариант состояния склада
Исходная комплектация	D11:F15	Это первый вариант комплектации изделий различных видов комплектующими различных типов
Склад 2	B11:B15	Это второй вариант состояния склада. Здесь всех комплектующих на 20-30% больше, чем в сценарии «Исходный склад»
Комплектация 2	D11:F15	В отличие от сценария «Исходная комплектация», здесь в телевизоре требуется один динамик (вместо двух), однако в стереосистеме требуются две платы (вместо одной)

На рис. 13.1 рабочий лист представлен с данными, соответствующими комбинации следующих сценариев:

- исходные данные;
- исходный склад;
- исходная комплектация;

**Пример 1: Структура производства с уменьшением нормы прибыли.**

Ваше предприятие выпускает телевизоры, стерео- и акустические системы, используя общий склад комплектующих. В связи с ограниченностью запаса необходимо найти оптимальное соотношение объемов выпуска изделий. Следует учитывать уменьшение удельной прибыли при увеличении объемов производства в связи с дополнительными затратами на сбыт.

		Телевизор			Стерео			Ак. сист.					
Количество->		100			100			100					
Наим. изд.	Склад	Использ.											
Шасси	450	200			1			1			0		
Кинескоп	250	100			1			0			0		
Динамик	800	500			2			2			1		
Блок лит.	450	200			1			1			0		
Элек. плата	600	400			2			1			1		

Уменьшение коэфф. отдачи: 0,9

Прибыль:			
По видам изделий	4 732р.	3 155р.	2 208р.
<b>Всего</b>	<b>10 095р.</b>		

Рис. 13.1. Рабочий лист задачи Структура производства (исходные данные)

Попробуем решить эту задачу с этими исходными данными. Для этого командой **Сервис, Поиск решения (Tools, Solver)** вызовем диалоговое окно **Поиск решения (Solver Parameters)** и заполним его так, как показано на рис. 13.2.

#### ЗАМЕЧАНИЕ

Здесь и далее все действия выполняются согласно подробному описанию, приведенному в главе 12, поэтому далее подробные списки требуемых команд и последовательности выполняемых действий не приводятся.

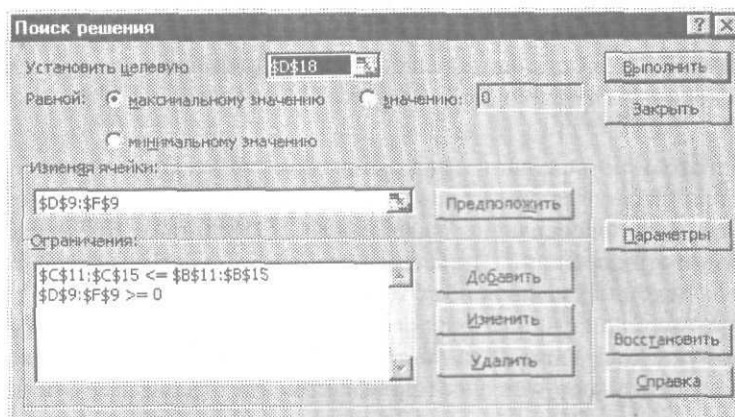


Рис. 13.2. Условия и ограничения задачи

После указания целевой и изменяемых ячеек и ввода ограничений запустите расчет и сохраните полученные значения.

Результат представлен на рис. 13.3 — прибыль увеличилась почти на 5 тыс.

**Microsoft Excel - Solvsamp.xls**  
D9 = 159,896909638319

**1 Пример 1: Структура производства с уменьшением нормы прибыли.**

2 Ваше предприятие выпускает телевизоры, стерео- и акустические системы, используя  
3 общий склад комплектующих. В связи с ограниченностью запаса необходимо найти  
4 оптимальное соотношение объемов выпуска изделий. Следует учитывать уменьшение  
5 удельной прибыли при увеличении объемов производства в связи с дополнительными  
6 затратами на сбыт.

			Телевизор	Стерео	Ак. сист.	
9	Количество->		160	200	80	
10	Наим. изд.	Склад	Использ.			
11	Шасси	450	360	1	1	0
12	Кинескоп	250	160	1	0	0
13	Динамик	800	800	2	2	1
14	Блок пит.	450	360	1	1	0
15	Элек. плата	600	600	2	1	1

Уменьшение коэфф. отдачи 0,9

**Прибыль:**

По видам изделий	7 220р	5 887р.	1 811р.
<b>Всего</b>	<b>14 917р.</b>		

Структура производства

Рис. 13.3. Результат решения задачи при исходных данных по состоянию склада и комплектации

Из рис. 13.3 видно, что полученные значения объемов производства не являются целочисленными (значение ячейки D9). Это связано с тем, что в ограничениях задачи мы задали ограничения по объему выпуска продукции (обязательно должна быть выпущена хотя бы единица каждого вида продукции) и ограничения по числу комплектующих в изделии каждого вида, но не задали ограничение по целочисленности. Во всех остальных решениях это ограничение введено (поэтому диапазоны, в которых сохранены параметры этих моделей, содержат на одну ячейку больше).

Мы подготовили и сохранили на рабочем листе несколько решений, основанных на различных сочетаниях состояний склада, комплектации и коэффициента отдачи. Эти решения сохранены в ячейках K13:O18. В табл. 13.2 представлены характеристики этих решений. При этом в сценариях «реш1»–«реш4» описаны значения ячеек исходных данных по объемам выпуска, состоянию склада и комплектации, поэтому для изучения этих решений не нужно с помощью списка **Сценарий** (Scenario) отдельно устанавливать значения ячеек состояния склада, комплектации, объемов выпуска и коэффициента отдачи. Все эти значения для каждого отдельного решения устанавливаются выбором соответствующего сценария «решN» (таким образом легко просмотреть все наши решения).



Таблица 13.2. Решения задачи

Имя сценария	Диапазон ячеек, в котором сохранены параметры модели	Имена сценариев состояния склада и комплектации	Коэффициент отдачи	Номер рисунка
реш1	K13:K17	Исходный склад, Исходная комплектация	0,9 (нелинейная модель)	13.3
реш2	L13:L18	Исходный склад, Исходная комплектация	1 (линейная модель)	13.4
реш3	M13:M18	Исходный склад, Комплектация 2	0,9 (нелинейная модель)	13.5
реш4	N13:N18	Склад 2, Исходная комплектация	– " –	13.6
реш5	O13:O18	Склад 2, Комплектация 2	– " –	13.7

**Пример 1: Структура производства с уменьшением нормы прибыли.**

Ваше предприятие выпускает телевизоры, стерео- и акустические системы, используя общий склад комплектующих. В связи с ограниченностью запаса необходимо найти оптимальное соотношение объемов выпуска изделий. Следует учитывать уменьшение удельной прибыли при увеличении объемов производства в связи с дополнительными затратами на сбыт.

Наим. изд.	Количество		Телевизор	Сtereo	Ак. сист.
	Склад	Использ.	200	200	0
Шасси	450	400	1	1	0
Кинескоп	250	200	1	0	0
Динамик	800	800	2	2	1
Блок пит.	450	400	1	1	0
Элек. плата	600	600	2	1	1

Уменьшение коэфф. отдачи: 1

Прибыль:		
По видам изделий	15 000р.	10 000р.
<b>Всего</b>	<b>25 000р.</b>	0р.

Рис. 13.4. Результат реш2

Microsoft Excel - Solvsamp.xls

J17

**Пример 1: Структура производства с уменьшением нормы прибыли.**

Ваше предприятие выпускает телевизоры, стерео- и акустические системы, используя общий склад комплектующих. В связи с ограниченностью запаса необходимо найти оптимальное соотношение объемов выпуска изделий. Следует учитывать уменьшение удельной прибыли при увеличении объемов производства в связи с дополнительными затратами на сбыт.

Наим. изд.	Количество->		Телевизор	Стерео	Ак сист.
	Склад	Использ.	236	5	118
Шасси	450	241	1	1	0
Кинескоп	250	236	1	0	0
Динамик	800	364	1	2	1
Блок пит.	450	241	1	1	0
Элек. плата	600	600	2	2	1

Уменьшение коэфф. отдачи 0,9

**Прибыль:**

По видам изделий	10 249р.	213р.	2 563р.
<b>Всего</b>	<b>13 025р.</b>		

Готово

Рис. 13.5. Результат реш3

Microsoft Excel - Solvsamp.xls

J17

**Пример 1: Структура производства с уменьшением нормы прибыли.**

Ваше предприятие выпускает телевизоры, стерео- и акустические системы, используя общий склад комплектующих. В связи с ограниченностью запаса необходимо найти оптимальное соотношение объемов выпуска изделий. Следует учитывать уменьшение удельной прибыли при увеличении объемов производства в связи с дополнительными затратами на сбыт.

Наим. изд.	Количество->		Телевизор	Стерео	Ак сист.
	Склад	Использ.	232	220	118
Шасси	530	452	1	1	0
Кинескоп	360	232	1	0	0
Динамик	1020	1020	2	2	1
Блок пит.	570	452	1	1	0
Элек. плата	800	800	2	1	1

Уменьшение коэфф. отдачи 0,9

**Прибыль:**

По видам изделий	10 093р.	6 414р.	2 524р.
<b>Всего</b>	<b>19 031р.</b>		

Готово

Рис. 13.6. Результат реш4

Microsoft Excel - Solvsamp.xls

Ж17 =

Пример 1: Структура производства с уменьшением нормы прибыли.

Ваше предприятие выпускает телевизоры, стерео- и акустические системы, используя общий склад комплектующих. В связи с ограниченностью запаса необходимо найти оптимальное соотношение объемов выпуска изделий. Следует учитывать уменьшение удельной прибыли при увеличении объемов производства в связи с дополнительными затратами на сбыт.

		Телевизор			Сtereo			Ак. сист.		
Количество->		316			5			158		
Наим. изд.	Склад	Использ.								
Шасси	530	321	1	1	0	0				
Кинескоп	360	316	1	0	0	0				
Динамик	1020	484	1	2	1	1				
Блок пит.	570	321	1	1	0	0				
Элек. плата	800	800	2	2	1	1				

Уменьшение коэфф. отдачи 0,9

**Прибыль:**

По видам изделий	13 328р.	213р.	3 333р.
<b>Всего</b>	<b>16 874р.</b>		

Готово

Рис. 13.7. Результат реш5

Microsoft Excel - Solvsamp.xls

K13 = =МАКС(\$D\$1B)

Цветовые обозначения

- Результат
- Изменяемые данные
- Ограничения

	реш1	реш2	реш3	реш4	реш5
13	16 874р.	16 874р.	16 874р.	16 874р.	16 874р.
14	3	3	3	3	3
15	ИСТИНА	ИСТИНА	ИСТИНА	ИСТИНА	ИСТИНА
16	ИСТИНА	ИСТИНА	ИСТИНА	ИСТИНА	ИСТИНА
17	100	ИСТИНА	ИСТИНА	ИСТИНА	ИСТИНА
18		100	100	100	100

Готово

Рис. 13.8. Диапазоны ячеек, в которых сохранены параметры решения

## ЗАМЕЧАНИЕ

Простой просмотр формул в ячейках диапазонов, относящихся к параметрам разных моделей, показывает, что все формулы одинаковы. Это неудивительно — ведь параметры всех наших моделей одинаковы (за небольшим исключением с отсутствием ограничения по целочисленности в **реш1**). Фактически мы используем одну и ту же модель по отношению к разным наборам исходных данных. Поэтому во всех последующих примерах решения оптимизационных задач мы будем сохранять (для последующей загрузки) параметры моделей только в том случае, если для одного и того же рабочего листа будет целесообразным (интересным, наглядным) использование двух или более моделей. Если же модель только одна, то мы используем стандартные средства поиска решения (вызов надстройки через меню) без дополнительного сохранения параметров модели в каком-либо диапазоне.

Очевидным расширением функциональности этой модели является возможность задавать прибыль, получаемую от продажи единицы изделия каждого вида, значением, вводимым в ячейку (сейчас прибыль от единицы изделия задается множителем в формулах в ячейках D17:F17). Если бы размеры прибыли задавались вводимыми ячейками, то это позволило бы провести дополнительный маркетинговый анализ оптимизации производства с учетом увеличения прибыли на изделиях одного вида при уменьшении на изделиях другого вида.

Кроме этого, для данной модели было бы целесообразным проводить оценку количества остающихся комплектующих и, возможно, их стоимости (по типам и общей).

## Транспортная задача

Типичная транспортная задача находится на рабочем листе **Транспортная задача** (рис. 13.9). Суть задачи заключается в нахождении оптимального объема (числа) перевозок товаров с 3 заводов на 5 региональных складов, с учетом ряда ограничений. Целевой функцией является минимизация затрат на перевозку (ячейка B20).

**Пример 2: Задача перевозки грузов.**

Требуется минимизировать затраты на перевозку товаров от предприятий-производителей на региональные склады. При этом необходимо учесть возможности поставок каждого из предприятий по максимальному допустимому уровню в потребителях.

Заводы	Всего	Число перевозок от завода к складу				
		Казань	Рига	Воронеж	Минск	Москва
Белоруссия	5	1	1	1	1	1
Урал	5	1	1	1	1	1
Украина	5	1	1	1	1	1
Итого:		3	3	3	3	3

Заводы	Посылки	Затраты на перевозку от завода к складу				
Белоруссия	310	10	6	6	5	4
Урал	260	8	5	4	3	6
Украина	280	3	4	5	5	9

Склады	Требования	Казань	Рига	Воронеж	Минск	Москва
Казань	180					
Рига	80					
Воронеж	200					
Минск	160					
Москва	220					

Перевозка	1р.	19р.	17р.	15р.	13р.	19р.
1р.						

В этой модели представлена задача доставки товаров с трех заводов на пять региональных складов. Товары могут доставляться с любого завода на любой склад, однако, очевидно, что стоимость доставки на большее расстояние будет больше. Требуется определить объемы перевозок между каждым заводом и складом, в соответствии с потребностями складов и производственными мощностями заводов, при которых транспортные расходы минимальны.

Параметры задачи

Рис. 13.9. Транспортная задача (исходные данные)

Таблица 13.3. Структура рабочего листа **Транспортная задача**

Диапазон ячеек (ячейка)	Назначение	Примечания
B20	Общая стоимость перевозок	Цель решения задачи — уменьшение всех транспортных расходов. Значение этой ячейки должно быть как можно меньше. Значение рассчитывается формулой =СУММ(C20:G20)
C8:G10	Изменяемые данные — объемы перевозок от каждого из заводов к каждому складу	Нужно подобрать такие значения этих ячеек, чтобы значение ячейки B20 было как можно меньше
C12:G12	Суммарный объем перевозок на каждый из складов	В ячейке C12, например, находится формула =СУММ(C8:C10). Аналогичные формулы — для ячеек, относящихся к другим складам
C14:G14	Потребности складов	Задаются значениями (не рассчитываются формулами)
B16:B18	Объемы производства каждым из заводов	Задаются значениями (не рассчитываются формулами). Обратите внимание, что, с учетом ограничения по обязательному удовлетворению потребностей складов (см. ниже) суммарный объем производства (суммарный, всеми тремя заводами) не может быть меньше суммарной потребности всех пяти складов. Если это условие не выполняется, то оптимальное решение не будет найдено
C16:G18	Стоимости перевозок	Заданы стоимости перевозок от каждого завода до каждого склада (стоимость единицы (объема) перевозки от конкретного завода на конкретный склад)
C20:G20	Суммарные стоимости перевозок — отдельно для каждого склада	Из формулы в ячейке C20 (см. рис. 13.9) видно, каким образом эти значения связаны со стоимостями и с объемами перевозок

Таблица 13.4. Ограничения транспортной задачи

Ограничение	Примечания
B8:B10<=B16:B18	Количества перевезенных грузов не могут превышать производственных возможностей заводов
C12:G12>=C14:G14	Количество доставляемых грузов не должно быть меньше потребностей складов. Из предыдущего и этого ограничений следует, что производство должно быть не меньше потребности
C8:G10>=0	Число перевозок не может быть отрицательным

Параметры модели представлены на рис. 13.10.

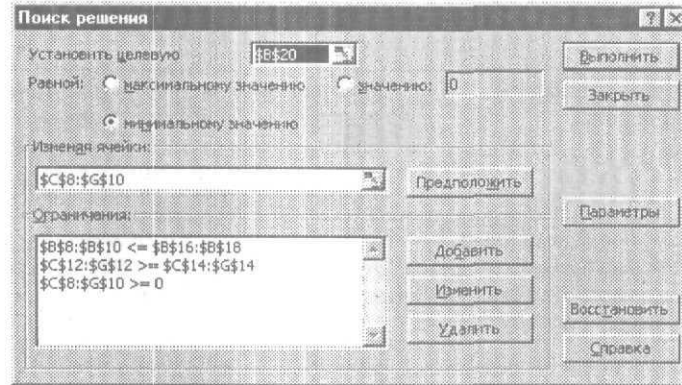


Рис. 13.10. Транспортная задача (параметры модели)

Для эксперимента с двумя наборами условий мы создали два сценария: «Условия1» и «Условия2». Эти сценарии содержат различные значения для одних и тех же ячеек, диапазон которых выделен на рис. 13.11.

**Пример 2: Задача перевозки грузов.**  
 Требуется минимизировать затраты на перевозку товаров от предприятий-производителей на торговые склады. При этом необходимо учесть возможности поставок каждого из производителей при максимальном удовлетворении запросов потребителей.

Заводы:	Число перевозок от завода x к складу y:					
	Всего	Казань	Рига	Воронеж	Курск	Москва
Белоруссия	5	1	1	1	1	1
Урал	5	1	1	1	1	1
Украина	5	1	1	1	1	1
Итого:		3	3	3	3	3

Заводы:	Поставки	Затраты на перевозку от завода x к складу y:				
Белоруссия	310	10	8	6	5	4
Урал	260	6	5	4	3	6
Украина	280	3	4	5	5	9

Потребности складов →	Казань	Рига	Воронеж	Курск	Москва
	180	80	200	180	220

Перевозка:	03р.	19р.	17р.	15р.	13р.	19р.
------------	------	------	------	------	------	------

Готово Сумма=1773

Рис. 13.11. Транспортная задача (диапазон условий)

Выполним поиск оптимального решения для первого набора условий. Результат представлен на рис. 13.12, значения изменяемых ячеек (объемы перевозок) сохранены в сценарии «Реш1».

**Microsoft Excel - Solvsamp.xls**  
B20    =СУММ(C20:G20)

**Пример 2: Задача перевозки грузов.**  
Требуются минимизировать затраты на перевозку товаров от предприятий-производителей на торговые склады. При этом необходимо учесть возможности поставок каждого из производителей при максимальном удовлетворении запросов потребителей.

Число перевозок от завода x к складу y:

Заводы:	Всего	Казань	Рига	Воронеж	Курск	Москва
Белоруссия	300	0	0	0	80	220
Урал	260	0	0	180	80	0
Украина	280	180	80	20	0	0
Итого:	---	180	80	200	160	220

требности складов →

Заводы:	Поставки	Затраты на перевозку от завода x к складу y:				
Белоруссия	310	10	8	6	5	4
Урал	260	6	5	4	3	6
Украина	260	3	4	5	5	9

Перевозка: **3200р.**    540р.    320р.    620р.    640р.    680р.

Рис. 13.12. Оптимальное решение для первого набора условий

Изменим теперь условия задачи (потребности каждого склада, объемы производства каждого из заводов, стоимость единицы перевозки (объема) от каждого из заводов к каждому из складов; эти значения зафиксированы в сценарии «Условия2»). Параметры модели (изменяемые ячейки, целевая функция и ограничения), конечно, останутся теми же.

Результат выполнения расчета представлен на рис. 13, значения изменяемых ячеек (объемы перевозок) сохранены в сценарии «Реш2».

**Microsoft Excel - Solvsamp.xls**  
B20    =СУММ(C20:G20)

**Пример 2: Задача перевозки грузов.**  
Требуются минимизировать затраты на перевозку товаров от предприятий-производителей на торговые склады. При этом необходимо учесть возможности поставок каждого из производителей при максимальном удовлетворении запросов потребителей.

Число перевозок от завода x к складу y:

Заводы:	Всего	Казань	Рига	Воронеж	Курск	Москва
Белоруссия	415	0	63	352	0	0
Урал	512	240	52	0	0	220
Украина	180	0	0	68	112	0
Итого:	---	240	115	420	112	220

требности складов →

Заводы:	Поставки	Затраты на перевозку от завода x к складу y:				
Белоруссия	415	17	7	11	15	14
Урал	640	12	9	16	12	12
Украина	180	14	8	9	7	15

Перевозка: **11697р.**    2880р.    909р.    4464р.    764р.    2640р.

Рис. 13.13. Оптимальное решение для второго набора условий

**ЗАМЕЧАНИЕ**

Рассмотренный пример решения транспортной задачи достаточно реалистичен. Такой подход, с некоторыми ограничениями, может быть использован для решения самых разных задач оптимизации перевозок. Существенным недостатком этого примера является отсутствие ограничения «кратности» перевозимых партий товаров, например в соответствии с вместимостью транспортных средств. Допустим, перевозки должны осуществляться партиями по 10 единиц. В этом случае объемы перевозок по некоторым из направлений «завод ® склад» окажутся неоптимальными, так как один из пробегов транспортного средства окажется «частично холостым» (нерациональный расход топлива, износ транспортного средства, оплата работы водителей и т.п.).

**График занятости**

Рассмотрим очень интересную задачу, связанную с формированием графика занятости персонала. Пример представлен на рабочем листе **График занятости** (рис. 13.14).

Парк отдыха обслуживается семью группами сотрудников (группы обозначены А, Б...Ж). Признак разделения на группы — разные выходные дни. Выходных дней для каждой группы — не менее двух, выходные дни следуют подряд. Один сотрудник входит только в одну группу. Известна потребность в сотрудниках в каждый из дней (потребность различна и известна, например, на основе данных о статистически среднем количестве посетителей парка отдыха в каждый из дней недели).

Все сотрудники имеют одинаковый размер недельной оплаты, который не зависит от графика работы.

Необходимо подобрать такую численность сотрудников в каждой группе, чтобы добиться минимизации затрат на оплату труда при выполнении требования по числу сотрудников на каждый день.

**Пример 3: График занятости персонала Парка отдыха.**

Для работников с пятидневной рабочей неделей и двумя выходными подряд требуется подобрать график работы, обеспечивающий требуемый уровень обслуживания при наименьших затратах на оплату труда.

График	Выходные дни	Работники	Вс	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	
А	Воскрес., понедельник	4	0	0	1	1	1	1	1	
Б	Понедельник, вторник	4	1	0	0	1	1	1	1	
В	Вторник, среда	4	1	1	0	0	1	1	1	
Г	Среда, четверг	6	1	1	1	0	0	1	1	
Д	Четверг, пятница	6	1	1	1	1	0	0	1	
Е	Пятница, суббота	4	1	1	1	1	1	0	0	
Ж	Суббота, воскресенье	4	0	1	1	1	1	1	0	
<b>Всего:</b>			32	24	24	24	22	20	22	24
<b>Всего требуется:</b>				22	17	13	14	15	18	24

Дневная оплата работника: 40р  
 Общая недельная зарпл.: 4 280р

Рис. 13.14. График занятости (исходные данные)



Таблица 13.5. Структура рабочего листа **График занятости**

Диапазон ячеек (ячейка)	Назначение	Примечания
D20	Общая недельная зарплата	Цель решения задачи — уменьшение этой величины за счет уменьшения числа сотрудников в каждой из групп
D7:D13	Изменяемые данные — число сотрудников в каждой из групп	Нужно подобрать такие значения этих ячеек, чтобы значение ячейки D20 было как можно меньше
F17:L13	График работы групп	Единица в этих ячейках означает, что группа в соответствующий день работает, ноль — не работает. Значение (1 или 0) обрабатывается в формулах, находящихся в ячейках F15:L15, в которых подсчитывается общее число сотрудников, работающих в определенный день
F15:L15	Количество сотрудников, работающих в каждый из дней	В каждой из этих ячеек находятся формулы, аналогичные формуле, показанной в строке формул на рис. 13.15. На этом рисунке показано также, как количество сотрудников, работающих в каждый день, зависит от числа сотрудников в каждой группе и от графика работы групп. Таким образом, в расчетной формуле ноль, взятый из графика на этот день для конкретной группы, дает нулевое значение множителя — то есть количество работающих сотрудников этой группы в этот день является нулевым. Соответственно для единицы в графике (группа работает) значение множителя равно числу сотрудников, входящих в эту группу
F17:L17	Требуемое количество сотрудников в каждый из дней недели	Задается значениями (не рассчитывается формулами). Предполагается, что эта потребность основывается на предыдущем опыте работы парка
D15	Общее число сотрудников парка	Рассчитывается формулой =СУММ(D7:D13)



Рис. 13.15. Подсчет количества сотрудников, работающих в определенный день

Таблица 13.6. Ограничения задачи оптимизации графика занятости

Ограничение	Примечания
D7:D13>=0	Количество сотрудников в группе не может быть отрицательным, однако может быть равным нулю — это означает, что можно организовать меньшее количество групп (далее мы увидим целый ряд оптимальных решений, в которых в одной или нескольких группах сотрудники не нужны; при этом требование по численности сотрудников на каждый день выполняется)
D7:D13=Целое	Число сотрудников должно быть целым
F15:L15>=F17:L17	Число ежедневно занятых сотрудников не должно быть меньше ежедневной потребности

Параметры модели представлены на рис. 13.16.

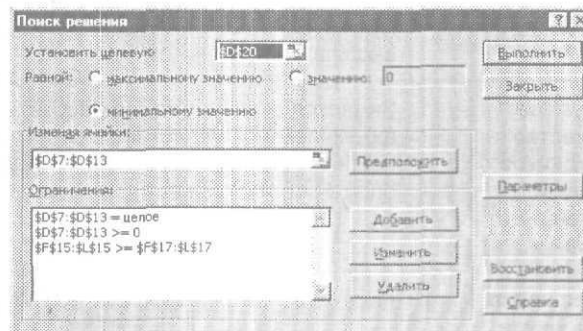


Рис. 13.16. Параметры модели для оптимизации графика занятости

Выполним расчет.

Результат представлен на рис. 13.17.

**Microsoft Excel - Solvsamp.xls**

D20    =D15\*D19

**Пример 3: График занятости персонала Парка отдыха.**

Для работников с пятидневной рабочей неделей и двумя выходными подряд требуется подобрать график работы, обеспечивающий требуемый уровень обслуживания при наименьших затратах на оплату труда.

График	Выходные дни	Работники	Вс	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб
А	Воскрес., понедельник	2	0	0	1	1	1	1	1
Б	Понедельник, вторник	4	1	0	0	1	1	1	1
В	Вторник, среда	8	1	1	0	0	1	1	1
Г	Среда, четверг	3	1	1	1	0	0	1	1
Д	Четверг, пятница	7	1	1	1	1	0	0	1
Е	Пятница, суббота	0	1	1	1	1	1	0	0
Ж	Суббота, воскресенье	1	0	1	1	1	1	1	0
<b>Всего:</b>		25	22	19	13	14	15	18	24
<b>Всего требуется:</b>			22	17	13	14	15	18	24
Недельная оплата работника:		40р.							
Общая недельная зарпл.:		1 000р.							

Транспортная задача    **График занятости**    Управление капиталом

Готово

**Рис. 13.17.** Оптимальная численность сотрудников в группах (первый вариант изменяемых данных)

Вот тут-то и начинается самое интересное!

Важной особенностью этой задачи является наличие нескольких оптимальных решений, каждое из которых обеспечивает достижение целевой функции при выполнении всех ограничений.

Вызовем диалоговое окно **Поиск решения (Solver)** и вновь выполним расчет. При этом мы получим новое оптимальное решение (с иными числами сотрудников в группах и иными числами сотрудников, работающих в каждый из дней недели). Таким образом (методом последовательного расчета) можно найти все оптимальные решения и выбрать наиболее подходящее с точки зрения дополнительных критериев (которые не заданы (или не могут быть заданы) в качестве ограничений).

В данном случае, например, вполне целесообразным окажется подбор решения, обеспечивающего большее, чем требуется, общее число сотрудников в наиболее напряженные дни работы парка (резерв сотрудников, работающих в эти дни). Такими днями, очевидно, являются суббота и воскресенье.

На рис. 13.18 представлено решение, при котором в субботу работает сотрудников на 1 больше, чем требуется (также и в среду), а на рис. 13.19 — в воскресенье (также и в пятницу).

Microsoft Excel - Solvsamp.xls

D20    =D15\*D19

1 **Пример 3: График занятости персонала Парка отдыха.**

2 Для работников с пятидневной рабочей неделей и двумя выходными подряд требуется подобрать график

3 работы, обеспечивающий требуемый уровень обслуживания при наименьших затратах на оплату труда.

График	Выходные дни	Работники	Вс	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб
А	Воскрес., понедельник	3	0	0	1	1	1	1	1
Б	Понедельник, вторник	5	1	0	0	1	1	1	1
В	Вторник, среда	7	1	1	0	0	1	1	1
Г	Среда, четверг	3	1	1	1	0	0	1	1
Д	Четверг, пятница	7	1	1	1	1	0	0	1
Е	Пятница, суббота	0	1	1	1	1	1	0	0
Ж	Суббота, воскресенье	0	0	1	1	1	1	1	0
<b>Всего:</b>		25	22	17	13	15	15	18	25
<b>Всего требуется:</b>			22	17	13	14	15	18	24

19 Недельная оплата работника: 40р.

20 Общая недельная зарпл.: 1 000р.

Транспортная задача | **График занятости** | Управление капиталом

Готово

Рис. 13.18. Оптимальная численность сотрудников в группах (второй вариант изменяемых данных)

Microsoft Excel - Solvsamp.xls

D20    =D15\*D19

1 **Пример 3: График занятости персонала Парка отдыха.**

2 Для работников с пятидневной рабочей неделей и двумя выходными подряд требуется подобрать график

3 работы, обеспечивающий требуемый уровень обслуживания при наименьших затратах на оплату труда.

График	Выходные дни	Работники	Вс	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб
А	Воскрес., понедельник	2	0	0	1	1	1	1	1
Б	Понедельник, вторник	6	1	0	0	1	1	1	1
В	Вторник, среда	6	1	1	0	0	1	1	1
Г	Среда, четверг	5	1	1	1	0	0	1	1
Д	Четверг, пятница	5	1	1	1	1	0	0	1
Е	Пятница, суббота	1	1	1	1	1	1	0	0
Ж	Суббота, воскресенье	0	0	1	1	1	1	1	0
<b>Всего:</b>		25	23	17	13	14	15	19	24
<b>Всего требуется:</b>			22	17	13	14	15	18	24

19 Недельная оплата работника: 40р.

20 Общая недельная зарпл.: 1 000р.

Транспортная задача | **График занятости** | Управление капиталом

Готово

Рис. 13.19. Оптимальная численность сотрудников в группах (третий вариант изменяемых данных)

**ЗАМЕЧАНИЕ**

Нам не удалось найти решение, при котором резерв сотрудников (на одного человека больше) был бы и в субботу и в воскресенье. Возможно, такого решения не существует.

В принципе можно подбирать решения, задав ограничение на число сотрудников, работающих в будние дни, — оно должно быть точно равно требуемому числу сотрудников в эти дни. На субботу и воскресенье это ограничение задавать не следует. Таким образом, можно задать необходимость поиска решения с резервом сотрудников на субботу и воскресенье. Еще раз подчеркнем, что, возможно, такого решения не существует (для данной задачи при заданных условиях и ограничениях).

Все оптимальные решения этой задачи, которые нам удалось найти для заданных условий и ограничений, представлены в табл. 13.7.

**Таблица 13.7.** Численность сотрудников в группах  
(оптимальные решения задачи оптимизации графика занятости)

Группа сотрудников	Численность сотрудников*									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
А	3	3	3	2	2	3	2	2	3	2
Б	4	4	5	6	6	5	6	6	5	4
В	8	8	7	6	6	7	6	6	6	8
Г	3	3	3	5	5	4	3	4	5	3
Д	7	6	7	5	5	5	7	6	5	7
Е	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0
Ж	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1

\* Общее число сотрудников в любом из решений равно 25.

Очевидно, что изменение суммы недельной оплаты не может повлиять на поиск оптимальных решений, — при ее изменении изменится минимальное значение недельной оплаты (целевой функции), но не изменится оптимальное число сотрудников в группах. Мы предполагаем, что требование по выходным дням (два выходных дня в неделю, причем выходные дни следуют обязательно вместе) задано достаточно жестко. Поэтому для поиска оптимальных решений при других условиях наиболее целесообразно изменить условие по требуемому числу сотрудников в различные дни.

Мы решили задать условие, при котором в каждый из будних дней требуется одно и то же число сотрудников, в субботу — немного больше, а в воскресенье — больше всего.

На рис. 13.20 и 13.21 представлены некоторые из оптимальных решений для этих условий.

Microsoft Excel - Solvsamp.xls

Q19

1 **Пример 3: График занятости персонала Парка отдыха.**  
 2 Для работников с пятидневной рабочей неделей и двумя выходными подряд требуется подобрать график  
 3 работы, обеспечивающий требуемый уровень обслуживания при наименьших затратах на оплату труда.

График	Выходные дни	Работники	Вс	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб
А	Воскрес., понедельник	3	0	0	1	1	1	1	1
Б	Понедельник, вторник	8	1	0	0	1	1	1	1
В	Вторник, среда	3	1	1	0	0	1	1	1
Г	Среда, четверг	8	1	1	1	0	0	1	1
Д	Четверг, пятница	3	1	1	1	1	0	0	1
Е	Пятница, суббота	5	1	1	1	1	1	0	0
Ж	Суббота, воскресенье	0	0	1	1	1	1	1	0
<b>Всего:</b>		30	27	19	19	19	19	22	25
<b>Всего требуется:</b>			27	19	19	19	19	19	23

19 Недельная оплата работника: 40р.  
 20 Общая недельная зарпл.: 1 200р.

Готово

Рис. 13.20. Оптимальная численность сотрудников в группах (первый вариант изменяемых данных при новых значениях требуемого количества сотрудников)

Microsoft Excel - Solvsamp.xls

Q19

1 **Пример 3: График занятости персонала Парка отдыха.**  
 2 Для работников с пятидневной рабочей неделей и двумя выходными подряд требуется подобрать график  
 3 работы, обеспечивающий требуемый уровень обслуживания при наименьших затратах на оплату труда.

График	Выходные дни	Работники	Вс	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб
А	Воскрес., понедельник	3	0	0	1	1	1	1	1
Б	Понедельник, вторник	5	1	0	0	1	1	1	1
В	Вторник, среда	6	1	1	0	0	1	1	1
Г	Среда, четверг	5	1	1	1	0	0	1	1
Д	Четверг, пятница	6	1	1	1	1	0	0	1
Е	Пятница, суббота	5	1	1	1	1	1	0	0
Ж	Суббота, воскресенье	0	0	1	1	1	1	1	0
<b>Всего:</b>		30	27	22	19	19	19	19	25
<b>Всего требуется:</b>			27	19	19	19	19	19	23

19 Недельная оплата работника: 40р.  
 20 Общая недельная зарпл.: 1 200р.

Готово

Рис. 13.21. Оптимальная численность сотрудников в группах (второй вариант изменяемых данных при новых значениях требуемого количества сотрудников)

#### ЗАМЕЧАНИЕ

Конечно, и в этом случае для данной задачи существует некоторое множество решений, которые читатели смогут найти самостоятельно.

## Глава 14. ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОК

В этой главе рассматриваются примеры, представленные в файле *Перевозки.XLS*.

Общим признаком, по которому мы объединили эти задачи в одну главу, является то, что целевой функцией является минимизация стоимости перевозок (транспортных расходов). Однако условия и ограничения во всех этих примерах очень разнообразны, каждая задача имеет свою постановку.

### Цветовое оформление рабочих листов

В примерах, рассматриваемых в этой и последующих главах, посвященных решению оптимизационных задач, на рабочих листах мы использовали цветовое оформление в соответствии табл. 14.1.

**Таблица 14.1.** Цветовое оформление рабочих листов

Назначение ячейки	Цветовое оформление
Исходные данные, задающие требования и ограничения (например, стоимость и количество ресурсов). Значения этих ячеек можно изменять, задавая другие условия, требования и ограничения	Светло-желтая заливка
Изменяемые данные (значения именно этих ячеек нужно подобрать для получения оптимального решения)	Светло-зеленая заливка
Оптимизируемая ячейка	Светло-оранжевая заливка
Две группы ячеек, связанных ограничением*	Обе группы ячеек обрамлены жирной линией одного и того же цвета

\* В каждой из двух групп может быть только по одной ячейке. В этом случае жирной линией одинакового цвета будут обрамлены две ячейки (в большинстве случаев они размещены в разных местах рабочего листа, а не рядом);

Задача может иметь много ограничений, описываемых различными парными группами ячеек. В этом случае для каждой пары мы использовали отдельный цвет;

В основном мы использовали жирные обрамляющие линии темно-синего, бордового, фиолетового и других темных цветов.

Возможны ситуации, когда группа ячеек (в том числе и состоящая из одной ячейки) используется в двух и более ограничениях. В таких случаях мы обрамляем эту группу ячеек жирной линией какого-нибудь темного «непарного» цвета (на рабочем листе при этом может не быть групп ячеек, обрамленных одинаковыми линиями).

Линии черного цвета предназначены только для визуального разделения ячеек (для удобства восприятия информации). Наличие и толщина черных линий не несет никакой другой смысловой нагрузки.

В некоторых случаях (достаточно редко) мы использовали дополнительные средства выделения — другие цвета заливок ячеек, полужирный шрифт в ячейке, другой (не черный) цвет шрифта. При этом мы старались подчеркнуть какие-то дополни-

тельные особенности информации, находящейся в соответствующих ячейках рабочего листа. Какие именно особенности — ясно из назначения соответствующих ячеек.

### Перевозки с долевым участием нескольких перевозчиков (доля — в числе перевозок)

В этом разделе мы на нескольких примерах достаточно подробно разберем интересную оптимизационную задачу. Кроме этого, мы проанализируем два аспекта, важных с точки зрения навыков решения таких задач с помощью Excel — мы посмотрим, как нюансы (неточности) округления могут сделать постановку таких задач некорректной, а также (на примере «как не надо делать») рассмотрим рекомендации по разработке удобных структур рабочих листов для решения оптимизационных задач.

#### Задача и ее решения

Задача находится на рабочем листе **Перевозки\_Доля\_Число** (рис. 14.1). Суть задачи заключается в следующем: руководство фирмы приняло решение о том, что в течение определенного периода (например, года) будет осуществлять перевозки групп своих сотрудников в некоторое количество пунктов (в данном случае — пять) силами нескольких (в данном случае — трех) фирм-перевозчиков. Причем общее число перевозок должно быть распределено между этими перевозчиками в известном соотношении X:Y:Z.

Оптимальные перевозки в несколько пунктов несколькими перевозчиками						Расчетное кол-во перевозок перевозчиками		
Перевозчик	A	B	C	D	E	Перевозчик	Доля	Число перевозок
1	24	16	8	10	14	1	2	20
2	21	19	7	12	16	2	3	30
3	23	14	7	14	12	3	2	20
Итого						Итого	7	70

Требуемое количество перевозок в различные пункты						
Пункт	A	B	C	D	E	Итого
Число перевозок	10	15	20	10	15	70

Решение						
Перевозчик	A	B	C	D	E	Итого
1	0	15	0	0	5	20
2	0	0	20	10	0	30
3	10	0	0	0	10	20
Итого	10	15	20	10	15	70

Полученные общие стоимости перевозок						
Перевозчик	A	B	C	D	E	Итого
1	0	240	0	0	70	310
2	0	0	140	120	0	260
3	230	0	0	0	120	350
Итого	230	240	140	120	190	820

Рис. 14.1. Рабочий лист задачи (с исходными данными)

Соответственно перед начальником транспортного отдела, планирующим перевозки, стоит задача минимизации затрат на перевозки при выполнении решения руководителей о распределении общего числа перевозок между несколькими перевозчиками.



В качестве исходных данных (кроме распределения долей) известны:

- стоимость одной перевозки каждым перевозчиком в каждый из пяти пунктов;
- требуемое количество перевозок (на планируемый период) в каждый из пяти пунктов.

#### ЗАМЕЧАНИЕ

Очень важно, что здесь доля перевозчика является частью от ОБЩЕГО ЧИСЛА ПЕРЕВОЗОК, а не от, допустим, общего объема перевозимых грузов или, допустим, от общей суммы затрат на перевозки.

Также очень важным является то, что, как следует из условий задачи, в качестве стоимостного критерия выступает стоимость достаточно абстрактной единицы, которая называется «перевозка», причем стоимость этой единицы не зависит от числа перевозимых сотрудников (и, например, веса дополнительно перевозимого оборудования). Очевидно, что использование такого стоимостного критерия в значительной степени ограничивает область возможного применения этого примера. Однако при необходимости этот пример можно «расширить» таким образом, что стоимости перевозок будут не изменяемыми данными, а зависимыми от стоимостей перевозки единицы груза или одного человека (соответственно стоимости перевозки единицы груза или одного человека будут изменяемыми данными).

Также следует обратить внимание на то, что нет требования относительно того, чтобы каждый перевозчик обязательно выполнил какое-то минимальное количество перевозок (например одну перевозку) в каждый из пунктов. Так что вполне возможно, что оптимальным окажется выполнение одним перевозчиком перевозок только в один или два пункта.

Структура рабочего листа подробно представлена в табл. 14.2. Назначение и алгоритм расчета значений остальных ячеек вполне понятны из рисунков — в основном это суммы столбцов и строк, а также итоговые суммы нескольких таблиц.

Таблица 14.2. Ячейки рабочего листа

Диапазон ячеек	Назначение	Примечания
B5:F7	Стоимость одной перевозки каждым перевозчиком в каждый из пунктов	
B12:F12	Требуемое количество перевозок в каждый из пунктов	Желательно, чтобы суммарное количество требуемых перевозок (во все пункты) было кратным сумме долей каждого из перевозчиков. Это еще одна «условность» этого примера, ограничивающая его применение. Если это условие не выполнять, то в некоторых случаях постановка задачи будет некорректной (мы покажем это на примере). Значения этих ячеек (требуемое количество перевозок в каждый из пунктов) являются ограничением для значений ячеек B19:F19 — расчетных количеств перевозок в каждый из пунктов.

Окончание табл. 14.2

Диапазон ячеек	Назначение	Примечания
I5:I7	Доли (от суммарного количества перевозок), выделенные каждому из перевозчиков	Эти доли определены решением руководства компании
J5:J7	Расчетное (в соответствии с заданными долями) количество перевозок, которые будут выполнены каждым из перевозчиков	Значения этих ячеек рассчитаны как доли от суммарного требуемого числа перевозок. На рис. 14.3 показано, что в формулах используется округление до целого числа. Это необходимо для тех случаев, когда суммарное требуемое количество перевозок НЕ кратно суммарному числу долей (то есть расчет без округления давал бы нецелые числа). Такие ситуации мы рассмотрим далее  Значения этих ячеек (требуемое количество перевозок каждым из перевозчиков) являются ограничением для значений ячеек G16:G18 — расчетного количества перевозок каждым из перевозчиков
B16:F18	Изменяемые данные: количество перевозок, выполняемых каждым из перевозчиков в каждый из пунктов	Значения этих ячеек нужно подобрать таким образом, чтобы общая стоимость перевозок была минимальной — при выполнении решения руководителей компании по долевному распределению общего количества перевозок между несколькими перевозчиками
B23:F25	Расчетные общие стоимости перевозок каждым из перевозчиков в каждый из пунктов	Из рис. 14.1 видно, каким образом рассчитываются ячейки этой таблицы — как произведение стоимости одной перевозки конкретным перевозчиком в конкретный пункт на расчетное число таких перевозок
G26	Оптимизируемая ячейка — суммарная стоимость всех перевозок	Рассчитывается по формуле =СУММ(G23:G25)

Как видно из рис. 14.1, при исходном решении количество перевозок удовлетворяет требованию по количеству перевозок в каждый из пунктов (10, 15, 20, 10, 15) и требованию по доле перевозок, выполняемых каждым из перевозчиков (20, 30, 20). При этом суммарная стоимость перевозок составляет 920 единиц.

Можно ли уменьшить эту сумму, выполняя все требования?

Условия и ограничения задачи представлены на рис. 14.2. Выполним расчет.

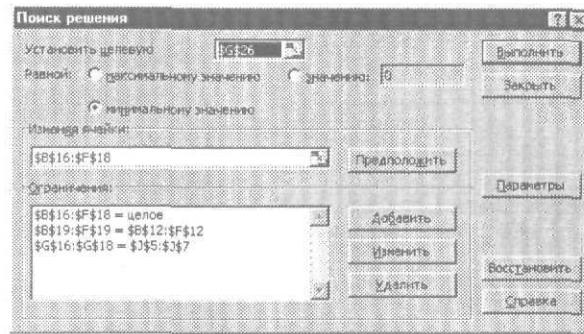


Рис. 14.2. Условия и ограничения задачи

Результат представлен на рис. 14.3.

Оптимальные перевозки в несколько пунктов несколькими перевозчиками														
Стоимость перевозок в пункты (у.е.)						Расчетное кол-во перевозок перевозчиками								
Перевозчик	A	B	C	D	E	Перевозчик	Доля	Число перевозок						
1	24	16	8	10	14	1	2	20						
2	21	15	7	12	16	2	3	30						
3	23	14	7	14	12	3	2	20						
Итого							7	70						
Требуемое количество перевозок в различные пункты														
Пункт	A	B	C	D	E	Итого								
Число перевозок	10	15	20	10	15	70								
Решение														
Перевозчик	A	B	C	D	E	Итого								
1	0	10	0	10	0	20								
2	10	0	0	20	0	30								
3	0	5	0	0	15	20								
Итого							10	15	20	10	15	70		
Полученные общие стоимости перевозок														
Перевозчик	A	B	C	D	E	Итого								
1	0	160	0	100	0	260								
2	210	0	140	0	0	350								
3	0	70	0	0	180	250								
Итого							210	230	140	100	180	860		

Рис. 14.3. Оптимальное решение (для первого варианта исходных данных)

Общая стоимость перевозок составила 860 единиц – примерно на 6,5% меньше. Рассмотрим теперь пример решения этой задачи для других исходных данных. Изменим стоимости перевозок (каждым перевозчиком в каждый пункт), требуемое количество перевозок в каждый пункт и доли распределения общего числа перевозок между перевозчиками (рис. 14.4). На этом же рисунке показано решение – найденные вручную значения перевозок, удовлетворяющие требованию по количеству перевозок в каждый из пунктов и требованию по доле перевозок, выполняемых каждым из перевозчиков. При этом суммарная стоимость перевозок составляет 1450 единиц.

Microsoft Excel - Перевозки.xls  
G17 =СУММ(B17:F17)

Оптимальные перевозки в несколько пунктов несколькими перевозчиками					
Стоимость перевозок в пункты (у.е.)					
Перевозчик	A	B	C	D	E
1	20	19	11	7	14
2	22	20	12	8	16
3	19	19	10	7	15
Итого					

Расчетное кол-во перевозок перевозчиками		
Перевозчик	Доля	Число перевозок
1	5	44
2	3	26
3	4	35
Итого		12
		105

Требуемое количество перевозок в различные пункты					
Пункт	A	B	C	D	E
Число перевозок	14	29	19	32	11
Итого					

Полученные общие стоимости перевозок					
Перевозчик	A	B	C	D	E
1	0	551	0	105	0
2	308	0	0	96	0
3	0	0	190	35	165
Итого		308	551	190	236
					1480

Итого: 1480

Рис. 14.4. Исходные данные – второй вариант

Попробуем уменьшить эту сумму и выполним расчет. Результат представлен на рис. 14.5.

При этом суммарная стоимость перевозок составила 1411 единиц, что примерно на 2,7% меньше исходной суммы.

Microsoft Excel - Перевозки.xls  
E25 =СУММ(E23:E25)

Оптимальные перевозки в несколько пунктов несколькими перевозчиками					
Стоимость перевозок в пункты (у.е.)					
Перевозчик	A	B	C	D	E
1	20	19	11	7	14
2	22	20	12	8	16
3	19	19	10	7	15
Итого					

Расчетное кол-во перевозок перевозчиками		
Перевозчик	Доля	Число перевозок
1	5	44
2	3	26
3	4	35
Итого		12
		105

Требуемое количество перевозок в различные пункты					
Пункт	A	B	C	D	E
Число перевозок	14	29	19	32	11
Итого					

Полученные общие стоимости перевозок					
Перевозчик	A	B	C	D	E
1	0	532	0	35	154
2	0	0	0	209	0
3	266	19	190	7	0
Итого		266	551	190	154
					1411

Итого: 1411

Рис. 14.5. Оптимальное решение (для второго варианта исходных данных)

#### ЗАМЕЧАНИЕ

Оба варианта исходных данных зафиксированы в сценариях **ИсходныеДанные\_1** и **ИсходныеДанные\_2**.

### Округление данных

Рассмотрим теперь некоторые вопросы, связанные с округлением данных.

Вернемся к первому варианту исходных данных, но попробуем изменить соотношение долей перевозчиков так, чтобы сумма долей не равнялась 7 (как было в первом варианте). Например, укажем распределение долей, как показано на рис. 14.6 (сумма долей равна 11; допустим, что так решили руководители компании).

Конечно, в этом случае мы можем выполнить расчет и легко найдем оптимальное решение — рис. 14.7 (сумма примерно на 5,7% меньше исходной).

Microsoft Excel - Перевозки.xls  
=СУММ(.5;7)

Оптимальные перевозки в несколько пунктов несколькими перевозчиками

Стоимость перевозок в пункты (у.е.)

Перевозчик	A	B	C	D	E
1	24	15	8	10	14
2	21	15	7	12	16
3	23	14	7	14	12

Расчетное кол-во перевозок перевозчиками

Перевозчик	Доля	Число перевозок
1	8	38
2	2	13
3	3	19
Итого	11	70

Требуемое количество перевозок в различные пункты

Пункт	A	B	C	D	E	Итого
Число перевозок	10	15	20	10	15	70

Решение

Перевозчик	A	B	C	D	E	Итого
1	10	15	10	3	0	38
2	0	0	10	3	0	13
3	0	0	0	4	15	19
Итого	10	15	20	10	15	70

Полученные общие стоимости перевозок

Перевозчик	A	B	C	D	E	Итого
1	240	240	80	30	0	590
2	0	0	70	36	0	106
3	0	0	0	56	180	236
Итого	240	240	150	122	180	832

Перевозчик Доля Число / Перевозчик Доля Стоимость

Рис. 14.6. Первый вариант исходных данных при ином распределении долей перевозчиков и подобранное вручную неоптимальное решение (удовлетворяющее всем требованиям)

Microsoft Excel - Перевозки.xls  
=СУММ(E16;E18)

Оптимальные перевозки в несколько пунктов несколькими перевозчиками

Стоимость перевозок в пункты (у.е.)

Перевозчик	A	B	C	D	E
1	24	15	8	10	14
2	21	15	7	12	16
3	23	14	7	14	12

Расчетное кол-во перевозок перевозчиками

Перевозчик	Доля	Число перевозок
1	8	38
2	2	13
3	3	19
Итого	11	70

Требуемое количество перевозок в различные пункты

Пункт	A	B	C	D	E	Итого
Число перевозок	10	15	20	10	15	70

Решение

Перевозчик	A	B	C	D	E	Итого
1	0	11	17	10	0	38
2	10	0	3	0	0	13
3	0	0	0	0	13	13
Итого	10	15	20	10	15	70

Полученные общие стоимости перевозок

Перевозчик	A	B	C	D	E	Итого
1	0	176	136	100	0	412
2	210	0	21	0	0	231
3	0	0	56	0	180	236
Итого	210	232	157	100	180	829

Перевозчик Доля Число / Перевозчик Доля Стоимость

Рис. 14.7. Оптимальное решение для первого варианта исходных данных (при ином распределении долей перевозчиков)

Однако если бы руководители распределили доли перевозчиков по-другому, то постановка задачи была бы некорректной и поиск оптимального решения был бы бессмысленным. Пример представлен на рис. 14.8.

Оптимальные перевозки в несколько пунктов несколькими перевозчиками						
Стоимость перевозок в пункты (у.е.)						
Перевозчик	A	B	C	D	E	
1	24	16	8	10	14	
2	21	15	7	12	16	
3	23	14	7	14	12	
Требуемое количество перевозок в различные пункты						
Пункт	A	B	C	D	E	Итого
Число перевозок	10	15	20	10	15	70
Решение						
Перевозчик	A	B	C	D	E	Итого
1	0	11	17	10	0	38
2	10	0	3	0	0	13
3	0	4	0	0	15	19
Итого	10	15	20	10	15	70
Полученные общие стоимости перевозок						
Перевозчик	A	B	C	D	E	Итого
1	0	176	136	100	0	412
2	210	0	21	0	0	231
3	0	56	0	0	180	236
Итого	210	232	157	100	180	879

Рис. 14.8. Пример некорректной постановки задачи из-за особенностей округлений числа перевозок в соответствии с долями перевозчиков

Как видно из рис. 14.8, суммарное количество перевозок, рассчитанное в соответствии с долями перевозчиков, равно 71, в то время как суммарное требуемое количество перевозок равно 70.

Для того чтобы случайно не предпринимать попытку бессмысленного расчета, в ячейке I12 выделенным красным шрифтом отображается сообщение «Требуемое количество перевозок НЕ РАВНО расчетному (найденному по долям перевозчиков)». В этой ячейке находится формула =ЕСЛИ(G12=J8;« »; «Требуемое количество перевозок НЕ РАВНО расчетному (найденному по долям перевозчиков)»).

Как же в этой ситуации поступить начальнику транспортного отдела? Самый простой способ — переместить часть одной спорной перевозки от одного перевозчика к другому, не слишком нарушая решение руководителей компании. Для этого нужно всего лишь указать долю одного из перевозчиков дробным числом, например уменьшив или увеличив на 0,1 долю одного из перевозчиков (выраженную целым числом). Дробная часть должна быть указана в доле только одного из перевозчиков, причем должна быть не очень большой, чтобы распределение долей не сильно отличалось от распределения, заданного руководителями компании.

Пример заданных таким образом исходных данных и неоптимального решения представлен на рис. 14.9 (сумма составляет 940 единиц).

Microsoft Excel - Перевозки.xls

G12    =СУММ(B12:F12)

Оптимальные перевозки в несколько пунктов несколькими перевозчиками							Расчетное кол-во перевозок перевозчиками		
Стоимость перевозок в пункты (у.е.)							Перевозчик	Доля	Число перевозок
Перевозчик	A	B	C	D	E				
1	24	16	8	10	14	1	7,1	41	
2	21	15	7	12	16	2	2	12	
3	23	14	7	14	12	3	3	17	
Итого						Итого	12,1	70	

Требуемое количество перевозок в различные пункты						
Пункт	A	B	C	D	E	Итого
Число перевозок	10	15	20	10	15	70

Решение						
Перевозчик	A	B	C	D	E	Итого
1	10	15	16	0	0	41
2	0	0	4	8	0	12
3	0	0	0	2	15	17
Итого	10	15	20	10	15	70

Полученные общие стоимости перевозок						
Перевозчик	A	B	C	D	E	Итого
1	240	240	128	0	0	608
2	0	0	28	96	0	124
3	0	0	0	28	180	208
Итого	240	240	156	124	180	944

Готово

Рис. 14.9. Исходные данные с нецелой суммой долей перевозок и неоптимальное решение

Найденное оптимальное решение для этих условий представлено на рис. 14.10 (сумма 884 единицы примерно на 6% меньше исходной).

Microsoft Excel - Перевозки.xls

18    =СУММ(5:7)

Оптимальные перевозки в несколько пунктов несколькими перевозчиками							Расчетное кол-во перевозок перевозчиками		
Стоимость перевозок в пункты (у.е.)							Перевозчик	Доля	Число перевозок
Перевозчик	A	B	C	D	E				
1	24	16	8	10	14	1	7,1	41	
2	21	15	7	12	16	2	2	12	
3	23	14	7	14	12	3	3	17	
Итого						Итого	12,1	70	

Требуемое количество перевозок в различные пункты						
Пункт	A	B	C	D	E	Итого
Число перевозок	10	15	20	10	15	70

Решение						
Перевозчик	A	B	C	D	E	Итого
1	0	12	19	10	0	41
2	10	1	1	0	0	12
3	0	2	0	0	15	17
Итого	10	15	20	10	15	70

Полученные общие стоимости перевозок						
Перевозчик	A	B	C	D	E	Итого
1	0	192	152	100	0	444
2	210	15	7	0	0	232
3	0	28	0	0	180	208
Итого	210	235	159	100	180	884

Готово

Рис. 14.10. Оптимальное решение (при нецелой сумме долей перевозок)

### Оптимальная организация данных на рабочем листе

На примере «как не надо делать» рассмотрим некоторые вопросы оптимального размещения данных на рабочем листе.

Очень часто в классической литературе, посвященной вопросам решения оптимизационных задач, функция, значение которой оптимизируется, представляется как функция большого количества аргументов.

#### ЗАМЕЧАНИЕ

Это связано с тем, что при изложении теории решения таких задач рассматривается общий математический аппарат, который никак не связан с технологией его использования — написанием специальной программы, расчетом в Excel (или на счетах или калькуляторе). Однако раз мы используем такой мощный инструмент, как Excel, целесообразно научиться адаптировать математический аппарат к особенностям решения в среде Excel — для сокращения сроков разработки рабочих листов (решений) и повышения их наглядности.

В частности, в примере, который мы рассматриваем в этом разделе, итоговая сумма является суммой пятнадцати слагаемых (три перевозчика на пять пунктов). Каждое из слагаемых является произведением расчетного количества перевозок на стоимость одной перевозки (конкретным перевозчиком в конкретный пункт). То есть эти произведения соответствуют ячейкам «первозчик <-> пункт» самой нижней таблицы на рабочем листе (см. рисунки выше).

Мы специально подготовили фрагмент (рис. 14.11), иллюстрирующий сложность такого подхода (насколько неудобной (и менее понятной) была бы структура рабочего листа, если бы мы не использовали нижнюю таблицу).

The screenshot shows the Microsoft Excel interface. The formula bar contains the following long formula: `=СУММ(C11*C26;D11*D26;E11*E26;F11*F26;G11*G26;C12*C27;D12*D27;E12*E27;F12*F27;G12*G27;C13*C28;D13*D28;E13*E28;F13*F28;G13*G28)`. Below the formula bar, the spreadsheet shows a table with the following data:

Решение:	Первозчик	A	B	C	D	E
26	I	0	2	0	10	8
27	II	10	0	20	0	0
28	III	0	13	0	0	7

At the bottom of the spreadsheet, the target function is shown as `Целевая функция: Z=` with the value `860` in the adjacent cell.

Рис. 14.11. Фрагмент с «длинной» целевой функцией

При этом, кроме необходимости использовать длинную неудобную формулу, мы еще и теряем возможность увидеть следующие расчетные данные:

- итоговую стоимость перевозок, выполняемых каждым из перевозчиков в каждый из пунктов (НЕ итоговые ячейки нижней таблицы);



- общую стоимость перевозок в каждый из пунктов (строка «Итого» нижней таблицы);
- общую стоимость перевозок, выполняемых каждым перевозчиком (столбец «Итого» нижней таблицы).

Представьте, что у нас не пятнадцать слагаемых итоговой суммы, а тысяча (20 перевозчиков на 20 пунктов). Без промежуточной таблицы решение было бы совсем неудобным и ненаглядным, в то время как такая информативная удобная таблица в Excel может быть сформирована буквально за 1–2 минуты.

Использование таких промежуточных таблиц (используется множество простых формул вместо одной–нескольких простых) не увеличивает время поиска оптимального решения (проверено нами неоднократно). Поэтому мы рекомендуем использовать этот подход и будем применять его в рассматриваемых далее примерах решения оптимизационных задач.

### **Перевозки с долевым участием нескольких перевозчиков (доля — в стоимости перевозок)**

Рассмотрим задачу, очень похожую на рассмотренную в предыдущем разделе, однако имеющую одну очень важную особенность — постановка задачи предполагает наличие **ДИНАМИЧЕСКИ ВЫЧИСЛЯЕМЫХ ОГРАНИЧЕНИЙ, ЗАВИСЯЩИХ ОТ ЗНАЧЕНИЯ ЦЕЛЕВОЙ ЯЧЕЙКИ**.

Сразу отметим, что среди всех оптимизационных задач, рассматриваемых в этой книге, вам встретится лишь несколько задач, постановка которых имеет такую особенность.

Такие задачи являются достаточно сложными, однако средствами надстройки **Поиск решения (Solver)** их можно решать так же просто, как и прочие оптимизационные задачи, — с одной существенной оговоркой. Эта оговорка связана с тем, что найденные решения не являются оптимальными в полном смысле этого слова, а представляют собой комбинации (в некотором смысле случайные) изменяемых данных, обеспечивающих получение минимального значения целевой ячейки при выполнении всех ограничений (в том числе динамических).

#### **Задача и ее решения**

Задача находится на рабочем листе **Перевозки\_Доля\_Сумма** (рис. 14.12).

Суть задачи аналогична представленной в предыдущем разделе — руководство фирмы приняло решение о том, что в течение определенного периода (например, года) будет осуществлять перевозки групп своих сотрудников в некоторое количество пунктов (в данном случае — пять) силами нескольких (в данном случае — трех) фирм-перевозчиков. Но теперь в заданной (руководителями компании) пропорции между перевозчиками должно быть распределено не общее число перевозок, а **ОБЩАЯ СТОИМОСТЬ ПЕРЕВОЗОК!**

Оптимальные перевозки в несколько пунктов несколькими перевозчиками						
Стоимость перевозок в пункты (у.е.)						
Перевозчик	A	B	C	D	E	
1	20	10	20	10	10	
2	20	20	10	20	20	
3	30	10	10	20	30	
Итого	70	40	40	50	60	
Требуемое количество перевозок в различные пункты						
Пункт	A	B	C	D	E	Итого
Число перевозок	20	10	10	10	20	80
Решение						
Перевозчик	A	B	C	D	E	Итого
1	0	4	0	0	18	22
2	18	3	3	0	0	24
3	2	12	6	11	2	33
Итого	20	19	9	11	20	79
Полученные общие стоимости перевозок						
Перевозчик	A	B	C	D	E	Итого
1	0,00	40,00	0,00	0,00	180,00	220,00
2	360,00	60,00	30,00	0,00	0,00	450,00
3	60,00	120,00	60,00	220,00	60,00	520,00
Итого	420	220	90	220	240	1190

Рис. 14.12. Рабочий лист задачи (первый вариант исходных данных)

Таким образом, как видно из рис. 14.12, структура исходных данных очень похожа на рассмотренную в предыдущем разделе (рабочий лист **Перевозки\_Доля\_Число** в этом же файле) — используются те же исходные данные, суммы строк и столбцов и итоговые суммы таблиц рассчитываются по идентичным (как на рабочем листе **Перевозки\_Доля\_Число**) формулам.

В качестве исходных данных (кроме распределения долей) известны:

- стоимость одной перевозки каждым перевозчиком в каждый из пяти пунктов;
- требуемое количество перевозок (на планируемый период) в каждый из пяти пунктов.

Рассмотрим основные отличия, определяющие специфику этой постановки задачи.

Теперь ячейки J5:J7 являются ограничением для ячеек G23:G25 (а не G16:G18 как было в предыдущем разделе).

Соответственно группы ячеек J5:J7 и G23:G25 имеют одинаковые границы (выделенные линии синего цвета).

В предыдущем разделе значения ячеек J5:J7 рассчитывались как доли от общего количества перевозок (статические ограничения, так как для одного набора исходных данных значения этих ограничений рассчитывались сразу и не изменялись в процессе поиска оптимального решения), теперь же они рассчитываются как доли от общей стоимости перевозок.

Казалось бы, что в этом особенного — вместо одного ограничения используется другое. Однако именно в этом заключается специфика этой задачи. Так как минимизация общей стоимости перевозок является целевой функцией, то это означает, что значения ячеек J5:J7 зависят от значения целевой ячейки G26!

Очевидно, что значение целевой ячейки зависит и от изменения исходных данных (стоимость одной перевозки каждым перевозчиком в каждый из пунктов) и требуемое количество перевозок в каждый из пунктов. Однако более важным является то, что значение целевой ячейки, конечно, зависит и от изменяемых значений — количества перевозок каждым перевозчиком в каждый из пунктов. Именно эти значения подбираются для поиска минимального значения целевой функции, причем таким образом, чтобы соответствовать всем ограничениям, однако при этом подборе при каждом расчете значение целевой ячейки изменяется, а **ВМЕСТЕ С НИМ ДИНАМИЧЕСКИ ИЗМЕНЯЮТСЯ И ЗНАЧЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ЯЧЕЕК, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОГРАНИЧЕНИЯХ ЗАДАЧИ!** То есть условия/ограничения меняются в ходе процесса решения задачи.

Таким образом, если в большинстве оптимизационных задач мы можем использовать следующую формулировку: есть набор исходных данных и статических ограничений — требуется найти такие значения изменяемых данных, чтобы найти оптимальное значение целевой ячейки (при выполнении всех ограничений); то текущая постановка может быть сформулирована так: есть набор исходных данных и статических ограничений, кроме этого, есть набор динамических ограничений, зависящих от значения целевой ячейки (или еще каким-либо образом зависящих от изменяемых данных). Требуется найти такие значения изменяемых данных, чтобы найти оптимальное значение целевой ячейки (при выполнении всех ограничений, поэтому сразу же после расчета очередного вроде бы оптимального значения целевой ячейки следует убедиться, что динамически рассчитанные ограничения выполняются).

#### ЗАМЕЧАНИЕ

Сразу же оговоримся, что здесь не идет речь напрямую о последовательности расчета «нашли вроде бы оптимальное значение целевой ячейки → « проверили выполнение динамических и статических ограничений». Дело в том, что симплекс-метод (теоретическая основа решения оптимизационных задач) имеет достаточно «хитрый» алгоритм работы. Однако в какой-то степени такая последовательность имеется, ведь до вычисления очередного значения целевой ячейки надстройка **Поиск решения (Solver)** ничего не знает о новых значениях динамических ограничений — ведь они могут быть вычислены только на основе значения целевой ячейки. Кстати, здесь можно использовать и такую формулировку: до подбора очередного набора изменяемых данных надстройка **Поиск решения (Solver)** ничего не знает о значениях динамических ограничений, ведь они могут быть вычислены только на основе значений изменяемых данных или ячеек, зависящих от изменяемых данных (среди таких ячеек может находиться и целевая ячейка).

Итак, перед начальником транспортного отдела, планирующим перевозки, стоит задача минимизации затрат на перевозки при выполнении решения руководителей о распределении (в соответствии с заданными долями) общей суммы стоимости перевозок между несколькими перевозчиками.

Как видим, задачка не из простых. Посмотрим, как с ней справится надстройка **Поиск решения (Solver)**.

Условия и ограничения задачи представлены на рис. 14.13.

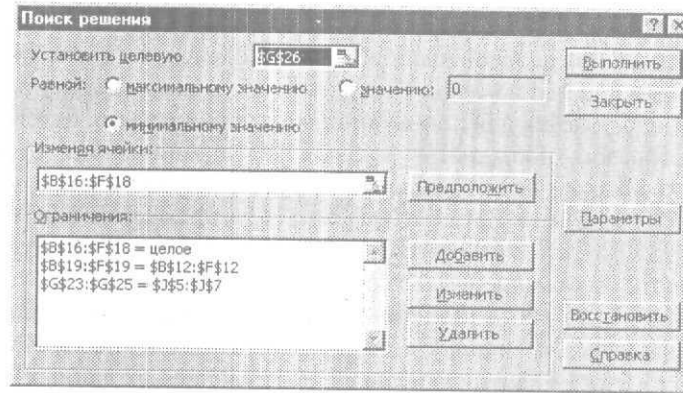


Рис. 14.13. Условия и ограничения задачи

Мы специально привели этот рисунок, полностью аналогичный рис. 14.2 из предыдущего раздела. Этим мы хотели показать, что описательная часть этой постановки задачи ничем не отличается от предыдущей. Однако теперь значения ячеек J5:J7 рассчитываются динамически, что делает эту задачу очень интересной.

Кроме этого, здесь же следует подчеркнуть, что для начала мы используем достаточно жесткие параметры решения задачи (рис. 14.14) — в частности, допустимое отклонение равно 0%.

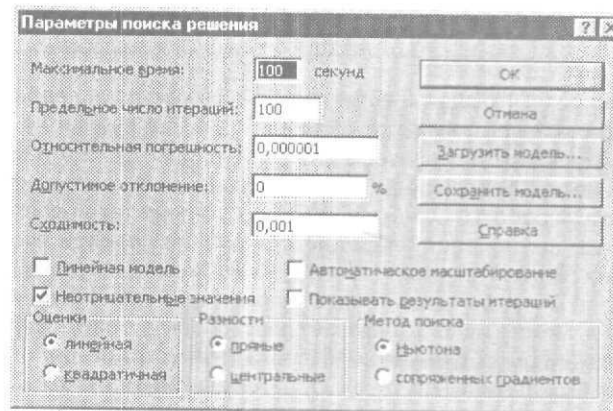


Рис. 14.14. Параметры поиска решения

Итак, на рис. 14.12 мы видим неоптимальное решение, отвечающее ограничению по числу перевозок в каждый из пунктов, но не отвечающее по ограничению относительно доли каждого перевозчика в общей сумме — значения ячеек G23:G25 (расчетные суммы каждого перевозчика) значительно отличаются от значений ячеек J5:J7 (суммы, рассчитанные как требуемые доли от общей суммы).

Это решение подобрано вручную. Мы поступали так при решении задач, рассмотренных в предыдущих разделах. Нам удалось вручную подобрать такие зна-

чения изменяемых данных, при которых выполнялись все ограничения, но решение было неоптимальным. При наличии же динамически изменяемых ограничений практически невозможно вручную подобрать решение, удовлетворяющее динамическим ограничениям.

Не будем пытаться сделать это, а сразу запустим поиск решения.

Решение этой задачи занимает довольно много времени. Все ранее рассмотренные задачи решались буквально за считанные секунды, если оптимальное решение могло быть найдено, и чуть дальше, если такого решения нет.

Эта же задача (для данного набора исходных данных) решается примерно за 25 с (в Excel 97 на компьютере с процессором Celeron 400 МГц и 128 Мб ОЗУ). В случае, когда решение занимает больше 3–5 с, то надстройка **Поиск решения** (Solver) отображает в статусной строке Excel информацию по текущему состоянию процесса решения задачи. Мы решили проиллюстрировать это рис. 14.15, в самой нижней части которого указана информация о процессе решения – количество выполненных расчетов и значение целевой ячейки при последнем расчете. Информация в этой строке изменяется очень быстро – для всех задач, рассматриваемых в этой книге. Это связано с тем, что каждый очередной расчет значения целевой ячейки производится очень быстро (сравнительно немного исходных данных и расчетных формул, простые (хоть иногда и динамические) ограничения). Если же условия задачи содержат сотни ячеек исходных и изменяемых данных и сотни ячеек с расчетными формулами и ограничениями, то каждая итерация сможет занимать довольно много времени.

Отметим также, что в большинстве случаев, когда решение не может быть найдено, **Поиск решения** (Solver) сообщает об этом достаточно быстро – через 5–7 с (т. е. ситуации, когда после нескольких минут ожидания мы узнаем об отсутствии оптимального решения, бывают достаточно редко).

=СУММ(B12:F12)									
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1 Оптимальные перевозки в несколько пунктов несколькими перевозчиками									
2 Стоимость перевозок в пункты (у.е.)							3 Расчетная сумма каждого из перевозчиков		
4 Перевозчик	A	B	C	D	E		Перевозчик	Доля	Сумма
5 1	20	10	20	10	10		1	2	246,15
6 2	20	20	10	20	20		2	4	492,30
7 3	30	10	10	20	30		3	4	492,30
8 Итого							Итого	10	1230,75
10 Требуемое количество перевозок в различные пункты									
11 Пункт	A	B	C	D	E	Итого			
12 Число перевозок	20	20	10	10	20	80			
14 Решение									
15 Перевозчик	A	B	C	D	E	Итого			
16 1	0	4	0	0	0	18	23		
17 2	18	3	3	0	0	25	25		
18 3	2	12	6	11	2	34	34		
19 Итого	20	20	10	10	20	82	82		
21 Полученные общие стоимости перевозок									
22 Перевозчик	A	B	C	D	E	Итого			
23 1	0,00	44,02	8,63	3,28	179,83	235,76			
24 2	361,66	62,56	34,86	5,12	2,19	466,39			
25 3	57,50	124,70	60,83	228,32	57,24	528,59			
26 Итого	419	231	104	237	239	1231			
Имя: Перевозчик_Доля_Сумма_Экст1									
Период: 31 Состояние поиска решения: 15 Целевая ячейка: 1125									

Рис. 14.15. Идет процесс поиска решения

Итак, по истечении достаточно длительного промежутка времени мы получим «оптимальное» решение, представленное на рис. 14.16 (все ограничения выполнены). Однако, как мы покажем в следующем подразделе, применительно к этой задаче понятие «оптимальное решение» имеет более расширенную трактовку.

Microsoft Excel - Перевозки.xls  
G12    =СУММ(B12:F12)

1 Оптимальные перевозки в несколько пунктов несколькими перевозчиками

3 Стоимость перевозок в пункты (у.е.)

Перевозчик	A	B	C	D	E
1	20	10	20	10	10
2	20	20	10	20	20
3	30	10	10	20	30

10 Требуемое количество перевозок в различные пункты

Пункт	A	B	C	D	E	Итого
Число перевозок	20	20	10	10	20	80

14 Решение

Перевозчик	A	B	C	D	E	Итого
1	1	1	0	0	20	22
2	16	2	2	4	0	24
3	3	17	8	6	0	34
Итого	20	20	10	10	20	80

21 Полученные общие стоимости перевозок

Перевозчик	A	B	C	D	E	Итого
1	20,00	10,00	0,00	0,00	200,00	230,00
2	320,00	40,00	20,00	80,00	0,00	460,00
3	90,00	170,00	80,00	120,00	0,00	460,00
Итого	430	220	100	200	200	1150,00

Рис. 14.16. «Оптимальное» решение (для первого варианта исходных данных)

Изменим некоторые исходные данные (часть ячеек со стоимостью перевозок, требуемое количество перевозок и доли перевозчиков) и выполним расчет. «Оптимальное» решение представлено на рис. 14.17. Отметим, что время поиска решения у нас составило примерно 3 мин 40 с.

Microsoft Excel - Перевозки.xls  
G19    =СУММ(G15:G18)

1 Оптимальные перевозки в несколько пунктов несколькими перевозчиками

3 Стоимость перевозок в пункты (у.е.)

Перевозчик	A	B	C	D	E
1	20	10	10	30	10
2	20	10	20	30	20
3	30	10	10	20	30

10 Требуемое количество перевозок в различные пункты

Пункт	A	B	C	D	E	Итого
Число перевозок	10	40	40	10	20	120

14 Решение

Перевозчик	A	B	C	D	E	Итого
1	1	1	6	0	6	14
2	9	18	2	2	8	37
3	0	23	32	1	5	62
Итого	10	40	40	10	20	113

21 Полученные общие стоимости перевозок

Перевозчик	A	B	C	D	E	Итого
1	20,00	10,00	60,00	0,00	60,00	150,00
2	180,00	180,00	40,00	60,00	160,00	600,00
3	0,00	230,00	320,00	20,00	160,00	750,00
Итого	200	400	420	80	400	1500

Рис. 14.17. Оптимальное решение (для второго варианта исходных данных)

**ЗАМЕЧАНИЕ**

Как следует из условий задачи, в качестве стоимостного критерия выступает стоимость достаточно абстрактной единицы, которая называется «перевозка», причем стоимость этой единицы не зависит от числа перевозимых сотрудников (и, например, веса дополнительно перевозимого оборудования). Очевидно, что использование такого стоимостного критерия в значительной степени ограничивает область возможного применения этого примера. Однако при необходимости этот пример можно «расширить» таким образом, что стоимости перевозок будут не изменяемыми данными, а зависимыми от стоимостей перевозки единицы груза или одного человека (соответственно стоимости перевозки единицы груза или одного человека будут изменяемыми данными).

Также следует обратить внимание на то, что нет требования относительно того, чтобы каждый перевозчик обязательно выполнил какое-то минимальное количество перевозок (например, одну перевозку) в каждый из пунктов. Так что вполне возможно, что оптимальным окажется выполнение одним перевозчиком перевозок только в один или два пункта.

**Несколько экспериментов с числами**

Теперь попробуем поэкспериментировать с числами. При этом мы исследуем зависимость оптимального значения целевой ячейки (и даже самой возможности нахождения оптимального решения) от «стартовых» значений изменяемых данных (и связанные с этим некоторые неочевидные зависимости между данными).

Здесь мы увидим, что к понятию «оптимальное решение» при рассматриваемой постановке задачи нужно относиться осторожно.

Давайте построим следующее логическое рассуждение.

При запуске поиска решения в ячейках J5:J7 содержатся некоторые значения, которые зависят от текущего (в момент запуска) значения целевой ячейки. Так как текущее значение целевой ячейки зависит от «стартовых» значений изменяемых данных, то, следовательно, значения ограничений также зависят от этих «стартовых» значений.

Очевидно, что при запуске значение целевой ячейки может быть очень далеко от оптимального, а «стартовые» значения изменяемых данных не обеспечивают выполнение ограничения по ячейкам J5:J7 (эти «стартовые» значения могут не выполнять и ограничения по количеству перевозок в каждый из пунктов, но это сейчас не важно, так как эти ограничения являются статическими, а далее вы увидите, что проблема заключается именно в динамических ограничениях).

В целом при использовании только статических ограничений «стартовые» значения изменяемых данных никак не влияют на результат (и возможность) поиска оптимального решения. В случае же с динамическими ограничениями мы увидим, что это не так.

Итак, в момент запуска инструмент **Поиск решения** (Solver) «знает» текущие значения ограничений в ячейках J5:J7, но не «предполагает», что после первой же итерации (этапа расчета) эти ограничения изменятся!

Попробуем поставить эксперимент, чтобы найти ответы на следующие вопросы:

- Как «стартовые» значения влияют на результат (и на саму возможность) поиска оптимального решения?
- Действительно ли найденное решение является оптимальным (или это результат случайного выполнения всех ограничений)?

Вернемся к первому варианту исходных данных (как всегда, это можно легко сделать, выбрав сценарий **ИсходныеДанные\_1**). Значения («стартовые») изменяемых данных укажем так, чтобы получить «картинку», аналогичную представленной на рис. 14.18. Для этого можно использовать сценарий **ИзменяемыеДанные\_6**, именно таким образом производится комбинирование двух и более сценариев, ведь сценарии «не пересекаются» между собой по областям ячеек. Сразу скажем, что этот набор «стартовых» значений изменяемых данных мы подобрали экспериментальным путем именно для того, чтобы далее продемонстрировать ряд тонких нюансов.

The screenshot shows an Excel spreadsheet titled "Microsoft Excel - Перевозки.xls". The active cell is B26 with the formula =СУММ(B23:B25). The spreadsheet is organized into several sections:

- Section 1 (Rows 1-3):** Title "Оптимальные перевозки в несколько пунктов несколькими перевозчиками" and "Стоимость перевозок в пункты (у.е)".
- Table 1 (Rows 4-7):** Matrix of costs for 3 carriers (A, B, C) to 5 points (D, E).
 

Перевозчик	A	B	C	D	E
1	20	10	20	10	10
2	20	20	10	20	20
3	30	10	10	20	30
- Table 2 (Rows 8-9):** "Расчетная сумма каждого из перевозчиков"
 

Перевозчик	Доля	Сумма
1	2	254,00
2	4	508,00
3	4	508,00
Итого	10	1270,00
- Section 10 (Rows 10-12):** "Требуемое количество перевозок в различные пункты"
 

Пункт	A	B	C	D	E	Итого
Число перевозок	20	20	10	10	20	80
- Section 14 (Rows 14-19):** "Решение"
 

Перевозчик	A	B	C	D	E	Итого
1	3	3	4	4	8	22
2	12	0	0	1	12	25
3	5	17	6	5	0	33
Итого	20	20	10	10	20	80
- Section 21 (Rows 21-26):** "Полученные общие стоимости перевозок"
 

Перевозчик	A	B	C	D	E	Итого
1	60,00	30,00	80,00	40,00	80,00	290,00
2	240,00	0,00	0,00	20,00	240,00	500,00
3	150,00	170,00	60,00	100,00	0,00	480,00
Итого	450	200	140	160	320	1270,00

Рис. 14.18. Первый вариант исходных данных при новых «стартовых» значениях изменяемых данных

Как видно, ограничение по требуемому количеству перевозок в каждый из пунктов выполняется, а по долям перевозчиков — нет. Однако, кажется, это не имеет значения — ведь мы уже (в начале этого раздела) успешно находили оптимальное решение для этих же исходных данных. Правда, тогда «стартовые» значения изменяемых данных были другие.

Запустим поиск решения.

Как ни странно, мы получим стандартное сообщение о том, что оптимальное решение не может быть найдено! Причем на попытку поиска решения уйдет довольно много времени.

Попробуем выяснить, не заключается ли проблема в текущих «стартовых» значениях изменяемых данных.



Давайте наугад изменим значение каких-либо ячеек изменяемых данных, например в ячейку D16 вместо значения 4 введем значение 3, а в ячейку D18 вместо значения 6 введем значение 7 (рис. 14.19, установить эти «стартовые» значения изменяемых данных можно, выбрав сценарий **ИзменяемыеДанные\_5** в списке сценариев). При этом у нас выполняется ограничение по числу перевозок в каждый из пунктов.

Microsoft Excel - Перевозки.xls  
E26    =СУММ(E23:E25)

1. Оптимальные перевозки в несколько пунктов несколькими перевозчиками

2. Стоимость перевозок в пункты (у.е.)

Перевозчик	A	B	C	D	E
1	20	10	20	10	10
2	20	20	10	20	20
3	30	10	10	20	30

3. Расчетная сумма каждого из перевозчиков

Перевозчик	Доля	Сумма
1	2	252,00
2	4	504,00
3	4	504,00
Итого	10	1260

4. Требуемое количество перевозок в различные пункты

Пункт	A	B	C	D	E	Итого
Число перевозок	20	20	10	10	20	80

5. Решение

Перевозчик	A	B	C	D	E	Итого
1	3	3	3	4	8	21
2	12	0	0	4	12	25
3	5	17	7	5	8	34
Итого	20	20	10	10	20	80

6. Полученные общие стоимости перевозок

Перевозчик	A	B	C	D	E	Итого
1	60,00	30,00	60,00	40,00	80,00	270,00
2	240,00	0,00	0,00	20,00	240,00	500,00
3	150,00	170,00	70,00	100,00	0,00	490,00
Итого	450	200	130	160	320	3290,00

Рис. 14.19. Первый вариант исходных данных, новый набор «стартовых» значений изменяемых значений исходных данных

Вновь запустим поиск решения. Оптимальное решение будет найдено при точном выполнении всех ограничений (рис. 14.20).

Microsoft Excel - Перевозки.xls  
G16    =СУММ(B16:F16)

1. Оптимальные перевозки в несколько пунктов несколькими перевозчиками

2. Стоимость перевозок в пункты (у.е.)

Перевозчик	A	B	C	D	E
1	20	10	20	10	10
2	20	20	10	20	20
3	30	10	10	20	30

3. Расчетная сумма каждого из перевозчиков

Перевозчик	Доля	Сумма
1	2	250,00
2	4	500,00
3	4	500,00
Итого	10	1250

4. Требуемое количество перевозок в различные пункты

Пункт	A	B	C	D	E	Итого
Число перевозок	20	20	10	10	20	80

5. Решение

Перевозчик	A	B	C	D	E	Итого
1	2	5	0	10	6	23
2	16	2	0	0	7	25
3	2	13	10	0	7	32
Итого	20	20	10	10	20	80

6. Полученные общие стоимости перевозок

Перевозчик	A	B	C	D	E	Итого
1	40,00	50,00	0,00	100,00	60,00	250,00
2	320,00	40,00	0,00	0,00	140,00	500,00
3	60,00	130,00	100,00	0,00	210,00	500,00
Итого	420	220	100	100	410	3250,00

Рис. 14.20. «Оптимальное» решение найдено

Теперь самым интересным является небольшое исследование. В начале этого раздела мы уже искали (и нашли!) «оптимальное» решение для этих же исходных (но неизменяемых!) данных. При этом значение целевой ячейки составляло 1150, а сейчас — 1250!

Очевидно, что получение «оптимального» решения является результатом случайного нахождения некоторой комбинации изменяемых данных, обеспечивающей получение некоторого (предположительно оптимального) значения целевой ячейки при точном выполнении всех ограничений.

В качестве дополнительного подтверждения этого утверждения рассмотрим еще одно «оптимальное» решение, представленное на рис. 14.21. Это решение найдено также для первого варианта исходных данных, но поиск был начат при иных «стартовых» значениях изменяемых данных — не таких, как в предыдущем примере. При этом новое решение является таким же «оптимальным», как и предыдущее — общая стоимость перевозок равна 1250 единицам, но план перевозок (сколько перевозок должен совершить каждый из перевозчиков в каждый из пунктов) является иным.

Оптимальные перевозки в несколько пунктов несколькими перевозчиками							
Стоимость перевозки в пункты (у.е.)						Расчетная сумма каждого из перевозчиков	
Перевозчик	A	B	C	D	E	Перевозчик	Доля
1	20	10	20	10	10	1	2
2	20	20	10	20	20	2	4
3	30	10	10	20	30	3	4
Итого						Итого	10
1250							
Требуемое количество перевозок в различные пункты							
Пункт	A	B	C	D	E	Итого	
Число перевозок	20	20	10	10	20	80	
Решение							
Перевозчик	A	B	C	D	E	Итого	
1	3	3	2	4	6	20	
2	12	0	0	1	12	25	
3	5	17	8	5	4	35	
Итого	20	20	10	10	20	80	
Полученные общие стоимости перевозок							
Перевозчик	A	B	C	D	E	Итого	
1	60,00	30,00	40,00	40,00	60,00	250,00	
2	240,00	0,00	0,00	20,00	240,00	500,00	
3	150,00	170,00	80,00	100,00	0,00	500,00	
Итого	450	200	120	160	320	1250,00	

Рис. 14.21. Еще одно «оптимальное» решение с тем же значением целевой ячейки

### Перегон транспортных средств

Рассмотрим задачу, в которой необходимо минимизировать стоимость перегона транспортных средств (далее — ТС) из одних пунктов в другие. В этой задаче мы имеем следующие значимые факторы:

- число ТС, имеющих в каждом из трех пунктах отправки;
- необходимые количества ТС для каждого из пяти пунктов приема;
- стоимость перегона одного ТС по каждому из пятнадцати маршрутов.

Таким образом, в условия задачи не входит количество грузов и прочие параметры. В каких случаях может встретиться задача перегона ТС? Например, на каких-

либо железнодорожных станциях (пункты отправки) скопились пустые вагоны, которые в различных количествах требуются на других станциях (пунктах приема). При этом ничего перевозить не нужно — требуется просто составить такой план перегонов, чтобы общая стоимость перегонов была минимальной (целевая функция).

Рабочий лист **ПерТранспСр1** (с первым вариантом исходных данных) представлен на рис. 14.22.

Пункты отправки	Пункты приема					Скопилось ТС	Всего:	
	B1	B2	B3	B4	B5		Требуется	Скопилось
A1	2	4	1	6	7	120	360	360
A2	3	10	5	4	2	110		
A3	8	9	6	3	4	130		
Требуется ТС	80	60	70	100	50			
РЕШЕНИЕ	80	20	20	0	0	120		
A2	0	0	50	10	50	110		
A3	0	40	0	90	0	130		
Итого принято	80	60	70	100	50	360		
Итого отправлено								
Итого из пункта								
Итого в пункт	160	440	270	310	100	1280		

Рис. 14.22. Рабочий лист задачи (первый вариант исходных данных)

Важным требованием к исходным данным является равенство суммарного количества ТС, имеющихя в пунктах отправки, суммарному количеству ТС, требующихся в пунктах приема.

Для того чтобы мы с вами не ошибались при вводе исходных данных, в одной из ячеек указана формула для проверки равенства исходных сумм. Если суммы не равны, то в ячейке I8 красным выделенным шрифтом выводится сообщение об ошибке (рис. 14.23).

Пункты отправки	Пункты приема					Скопилось ТС	Всего:	
	B1	B2	B3	B4	B5		Требуется	Скопилось
A1	2	4	1	6	7	120	360	340
A2	3	10	5	4	2	90		
A3	8	9	6	3	4	130		
Требуется ТС	80	60	70	100	50			
РЕШЕНИЕ	80	20	20	0	0	120		
A2	0	0	50	10	50	110		
A3	0	40	0	90	0	130		
Итого принято	80	60	70	100	50	360		
Итого отправлено								
Итого из пункта								
Итого в пункт	160	440	270	310	100	1280		

Рис. 14.23. Рабочий лист задачи с некорректными исходными данными. В ячейке I8 отображается сообщение об ошибке

Структура рабочего листа (основные ячейки) подробно представлена в табл. 14.3.

Таблица 14.3. Ячейки рабочего листа

Диапазон ячеек	Назначение	Примечания
B7:F9	Исходные данные — стоимости перегона одного ТС по каждому из маршрутов	
B11:F11	Исходные данные — требуемое количество ТС в каждом из пунктов приема	Значения этих ячеек являются ограничениями для ячеек B17:B18
G7:G9	Исходные данные — количество ТС, скопившихся в каждом из пунктов отправки	Значения этих ячеек являются ограничениями для ячеек G14:G16
B14:F16	Изменяемые данные	Значения этих ячеек нужно подобрать таким образом, чтобы суммарная стоимость перегонов была минимальной
B20:F22	Расчетные общие стоимости перегонов по каждому из маршрутов	Из рис. 14.22 видно, каким образом рассчитываются ячейки этой таблицы — как произведение стоимости перегона одного ТС по конкретному маршруту на расчетное число ТС, перегнанных по этому маршруту
G23	Оптимизируемая ячейка — суммарная стоимость всех перегонов	Рассчитывается по формуле =СУММ(G20:G22)

Вернемся к первому набору исходных данных и указанным вручную значениям изменяемых данных (рис. 14.22). То есть у нас есть неоптимальное решение, при этом выполнено ограничение по количеству ТС, которые могут быть перегнаны из каждого пункта отправки, и ограничение по количеству ТС, которые должны быть перегнаны в каждый из пунктов приема.

Условия и ограничения задачи представлены на рис. 14.24.

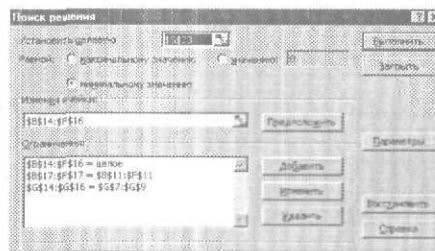


Рис. 14.24. Условия и ограничения задачи

Попробуем найти оптимальное решение и выполним расчет. Найденное решение представлено на рис. 14.25. Общая стоимость перевозок значительно меньше исходной.

Microsoft Excel - Перевозки.xls						
G23      =СУММ(G20:G22)						
1 В нескольких пунктах (пункты отправки) скопились транспортные средства. Эти ТС необходимо перевезти (пункты приема). Необходимо составить такой план перегона ТС, чтобы общая стоимость перегонов была минимальной.						
4 ТАРИФЫ ПЕРЕГОНА ТС, КОЛИЧЕСТВА СКОПИВШИХСЯ ТС И ТРЕБУЕМЫХ ТС						
6 Пункты отправки	Пункты приема					7 Скопились ТС
	B1	B2	B3	B4	B5	
7 A1	2	4	1	6	7	120
8 A2	3	10	5	4	2	110
9 A3	8	9	6	3	4	130
11 Требуется ТС	80	80	70	100	50	
13 РЕШЕНИЕ						Итого отправлено
14 A1	0	54	66	0	0	120
15 A2	80	0	0	0	30	110
16 A3	0	6	4	100	20	130
17 Итого принято	80	80	70	100	50	360
19 СТОИМОСТИ ПЕРЕГОНОВ						Итого из пункта
20 A1	0	216	66	0	0	282
21 A2	240	0	0	0	60	300
22 A3	0	54	24	300	80	458
23 Итого в пункт	240	270	90	300	140	1040

Рис. 14.25. Оптимальное решение для первого варианта исходных данных

Зададим новые исходные данные (тарифы, требуемое и имеющееся количество ТС), составим неоптимальный план перевозок, соответствующий ограничениям (рис. 14.26) и выполним новый расчет.

Microsoft Excel - Перевозки.xls						
G21      =СУММ(B21:F21)						
1 В нескольких пунктах (пункты отправки) скопились транспортные средства. Эти ТС необходимо перевезти (пункты приема). Необходимо составить такой план перегона ТС, чтобы общая стоимость перегонов была минимальной.						
4 ТАРИФЫ ПЕРЕГОНА ТС, КОЛИЧЕСТВА СКОПИВШИХСЯ ТС И ТРЕБУЕМЫХ ТС						
6 Пункты отправки	Пункты приема					7 Скопились ТС
	B1	B2	B3	B4	B5	
7 A1	19	9	19	36	17	31
8 A2	17	10	25	18	15	122
9 A3	18	9	24	18	22	57
11 Требуется ТС	63	19	44	49	35	
13 РЕШЕНИЕ						Итого отправлено
14 A1	0	19	12	0	0	31
15 A2	63	0	0	49	10	122
16 A3	0	0	32	0	25	57
17 Итого принято	63	19	44	49	35	210
19 СТОИМОСТИ ПЕРЕГОНОВ						Итого из пункта
20 A1	0	171	228	0	0	399
21 A2	1071	0	0	882	150	2103
22 A3	0	0	768	0	550	1318
23 Итого в пункт	1071	171	996	882	700	3820

Рис. 14.26. Второй вариант исходных данных и неоптимальное решение, соответствующее ограничениям

Найденное решение представлено на рис. 14.27. Стоимость перевозок на 270 единиц меньше исходной.

Пункты отправки		Пункты приема					Скопилось ТС
		B1	B2	B3	B4	B5	
A1		19	9	19	36	17	31
A2		17	10	25	18	15	122
A3		18	9	24	18	22	57
Требуется ТС		63	19	44	49	35	
РЕШЕНИЕ							Итого отправлено
A1		0	0	31	0	0	31
A2		63	0	0	24	35	122
A3		0	19	13	25	0	57
Итого принято		63	19	44	49	35	210
СТОИМОСТИ ПЕРЕГОНОВ							Итого из пункта
A1		0	0	588	0	0	588
A2		1071	0	0	432	525	2028
A3		0	171	312	450	0	933
Итого в пункт		1071	171	901	882	525	3550

Рис. 14.27. Оптимальное решение для второго варианта исходных данных

В заключение этого раздела отметим, что данная задача в некоторых случаях (для соответствующего набора исходных данных) может иметь более одного оптимального решения. Оптимальное решение для первого набора исходных данных мы уже приводили на рис. 14.25. На рис. 14.28 и 14.29 представлены оптимальные решения для этого же варианта исходных данных. Не исключено, что может быть найдено еще несколько решений.

Пункты отправки		Пункты приема					Скопилось ТС
		B1	B2	B3	B4	B5	
A1		2	4	1	6	7	120
A2		3	10	5	4	2	110
A3		8	9	6	3	4	130
Требуется ТС		80	60	70	100	50	
РЕШЕНИЕ							Итого отправлено
A1		0	50	70	0	0	120
A2		80	0	0	0	30	110
A3		0	10	0	100	20	130
Итого принято		80	60	70	100	50	380
СТОИМОСТИ ПЕРЕГОНОВ							Итого из пункта
A1		0	200	70	0	0	270
A2		240	0	0	0	60	300
A3		0	90	0	300	80	470
Итого в пункт		240	290	70	300	140	1040

Рис. 14.28. Второе оптимальное решение для первого варианта исходных данных

Пункты отправки	Пункты приема					Скопилось ТС
	B1	B2	B3	B4	B5	
A1	2	4	1	6	7	120
A2	3	10	5	4	2	110
A3	8	9	6	3	4	130
Требуется ТС	80	60	70	100	50	
<b>РЕШЕНИЕ</b>						<b>Итого отправлено</b>
A1	0	57	63	0	0	120
A2	80	0	0	0	30	110
A3	0	3	7	100	20	130
Итого принято	80	60	70	100	50	360
<b>СТОИМОСТИ ПЕРЕГОНОВ</b>						<b>Итого из пункта</b>
A1	0	228	63	0	0	291
A2	240	0	0	0	80	300
A3	0	27	42	300	80	449
Итого в пункт	240	255	105	300	140	1040

Рис. 14.29. Еще одно оптимальное решение для первого варианта исходных данных

### Перегон транспортных средств с жесткими ограничениями по допустимым маршрутам (прямые ограничения на ячейки)

Рассмотрим задачу, которая очень похожа на задачу из предыдущего раздела. Здесь точно так же необходимо минимизировать стоимость перегона ТС; структура рабочего листа точно такая же.

Однако в новой постановке задача имеет жесткое ограничение по допустимым маршрутам.

Допустим, что по каким-то причинам не может быть осуществлен перегон ТС по некоторым маршрутам (в первом из рассматриваемых случаев — по маршруту  $A3 \rightarrow B4$ ).

Исследование задачи с такой особенностью очень важно с методической точки зрения освоения навыков решения самых различных оптимизационных задач. Дело в том, что подобные ограничения очень часто встречаются при решении не только транспортных задач. Например, в задаче оптимизации ресурсного плана производства аналогом недопустимого маршрута является, например, невозможность использования некоторых комплектующих при изготовлении того или иного изделия.

В предыдущих задачах у нас были ограничения на суммарные значения. Например, это были ограничения на общее количество перевозок в конкретный пункт и на общее количество перевозок из конкретного пункта. Теперь же в задаче кроме таких же «суммарных» используется ограничение на конкретный элемент изменяемых данных.

Иными словами, теперь кроме ограничений на суммы по строкам и столбцам таблицы изменяемых данных используются и ограничения на ячейки (одну или несколько) этой таблицы.

Рабочий лист **ПерТранспСр2** (с первым вариантом исходных данных) представлен на рис. 14.30. Его структура аналогична структуре рабочего листа **ПерТранспСр1**, однако ячейка E16 не имеет светло-зеленой заливки, так как она не относится к числу изменяемых.

Пункты отправки		Пункты приема					Скопилось ТС
		B1	B2	B3	B4	B5	
A1		2	4	3	6	5	120
A2		3	10	5	4	2	110
A3		8	9	6	3	4	130
Требуется ТС		80	60	70	100	50	
РЕШЕНИЕ							Итого отправлено
A1		70	36	14	0	0	120
A2		10	0	0	100	0	110
A3		0	24	56	0	50	130
Итого принято		80	60	70	100	50	360
СТОИМОСТИ ПЕРЕГОНОВ							Итого из пункта
A1		140	144	42	0	0	326
A2		30	0	0	400	0	430
A3		0	216	336	0	200	752
Итого в пункт		170	360	378	400	200	1508

Рис. 14.30. Первый вариант исходных данных и неоптимальное решение

Конечно, в условиях и ограничениях задачи мы должны указать, что значение ячейки E16 должно быть равно нулю (рис. 14.31). Это третье ограничение в списке ограничений.

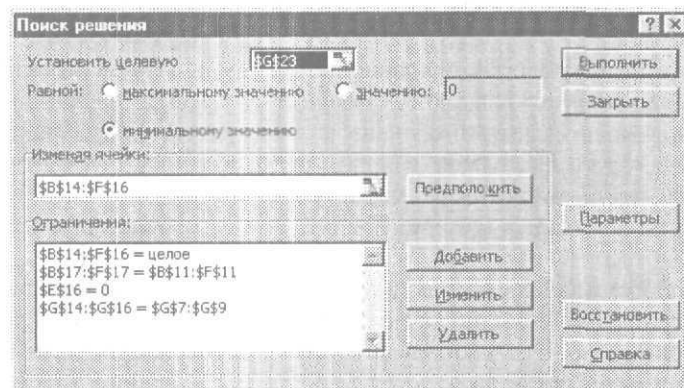


Рис. 14.31. Условия и ограничения задачи

Попробуем найти оптимальное решение и выполним расчет. Найденное решение представлено на рис. 14.32. Общая стоимость не намного, но все же меньше.



Пункты отправки	Пункты приема					Скопилось ТС
	B1	B2	B3	B4	B5	
A1	2	4	3	6	5	120
A2	3	10	5	4	2	110
A3	8	9	6	3	4	130
Требуется ТС	80	60	70	100	50	
РЕШЕНИЕ						Итого отправлено
A1	70	50	0	0	0	120
A2	10	0	0	100	0	110
A3	0	10	70	0	50	130
Итого принято	80	60	70	100	50	360
СТОИМОСТИ ПЕРЕГОНОВ						Итого из пункта
A1	140	200	0	0	0	340
A2	30	0	0	400	0	430
A3	0	90	420	0	200	710
Итого в пункт	170	290	420	400	200	1480

Рис. 14.32. Оптимальное решение для первого варианта исходных данных

Оптимальное решение этой задачи в этой же постановке для второго набора исходных данных представлено на рис. 14.33.

Пункты отправки	Пункты приема					Скопилось ТС
	B1	B2	B3	B4	B5	
A1	19	9	19	36	17	31
A2	17	10	25	18	16	122
A3	18	9	24	18	22	57
Требуется ТС	63	19	44	49	35	
РЕШЕНИЕ						Итого отправлено
A1	0	0	31	0	0	31
A2	38	0	0	49	35	122
A3	25	19	13	0	0	57
Итого принято	63	19	44	49	35	210
СТОИМОСТИ ПЕРЕГОНОВ						Итого из пункта
A1	0	0	589	0	0	589
A2	646	0	0	882	525	2053
A3	450	171	312	0	0	933
Итого в пункт	1096	171	901	882	525	3575

Рис. 14.33. Оптимальное решение для второго варианта исходных данных

Дополнительно усложним задачу — заблокируем еще один недопустимый маршрут. Теперь нельзя осуществлять перегоны также и по маршруту A2 → B1.

Следовательно, в список ограничений мы должны добавить и ограничение по ячейке B15 — она должна быть равна нулю (рис. 14.34).

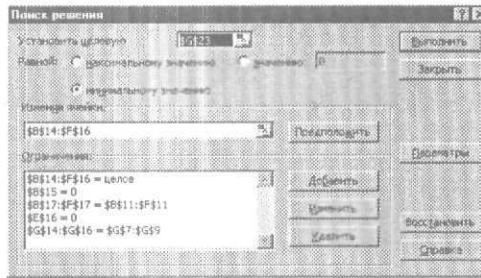


Рис. 14.34. В списке ограничений указано ограничение еще по одному недопустимому маршруту

Для первого варианта исходных данных неоптимальное решение представлено на рис. 14.35., а оптимальное – на рис. 14.36.

ТARIФЫ ПЕРЕГОНА ТС, КОЛИЧЕСТВА СКОПИВШИХСЯ ТС И ТРЕБУЕМЫХ ТС						
Пункты отправки	Пункты приема					Скопилось ТС
	B1	B2	B3	B4	B5	
A1	2	4	3	6	5	120
A2	3	10	5	4	2	110
A3	8	9	6	3	4	130
Требуется ТС	80	60	70	100	50	
РЕШЕНИЕ						Итого отправлено
A1	80	0	40	0	0	120
A2	0	0	0	100	10	110
A3	0	60	30	0	0	130
Итого принято	80	60	70	100	50	360
СТОИМОСТИ ПЕРЕГОНОВ						Итого из пункта
A1	180	0	120	0	0	280
A2	0	0	0	400	20	420
A3	0	540	180	0	160	880
Итого в пункт	180	540	300	400	180	1580

Рис. 14.35. Неоптимальное решение для первого варианта исходных данных при двух недопустимых маршрутах

ТARIФЫ ПЕРЕГОНА ТС, КОЛИЧЕСТВА СКОПИВШИХСЯ ТС И ТРЕБУЕМЫХ ТС						
Пункты отправки	Пункты приема					Скопилось ТС
	B1	B2	B3	B4	B5	
A1	2	4	3	6	5	120
A2	3	10	5	4	2	110
A3	8	9	6	3	4	130
Требуется ТС	80	60	70	100	50	
РЕШЕНИЕ						Итого отправлено
A1	80	40	0	0	0	120
A2	0	0	0	100	10	110
A3	0	20	70	0	40	130
Итого принято	80	60	70	100	50	360
СТОИМОСТИ ПЕРЕГОНОВ						Итого из пункта
A1	180	160	0	0	0	320
A2	0	0	0	400	20	420
A3	0	180	420	0	160	760
Итого в пункт	180	340	420	400	180	1680

Рис. 14.36. Оптимальное решение для первого варианта исходных данных при двух недопустимых маршрутах

Для второго варианта исходных данных неоптимальное решение представлено на рис. 14.37, а оптимальное — на рис. 14.38.

Пункты отправки	В1	В2	В3	В4	В5	Скопилось ТС
A1	19	9	19	38	17	31
A2	17	10	25	18	15	122
A3	18	9	24	18	22	57
Требуется ТС	63	19	44	49	35	
РЕШЕНИЕ						Итого отправлено
A1	6	19	0	0	0	31
A2	0	0	38	49	35	122
A3	57	0	0	0	0	57
Итого принято	63	19	44	49	35	210
СТОИМОСТИ ПЕРЕГОНОВ						Итого из пункта
A1	114	171	114	0	0	399
A2	0	0	950	882	525	2357
A3	1026	0	0	0	0	1026
Итого в пункт	1140	171	1064	882	525	3782

Рис. 14.37. Неоптимальное решение для второго варианта исходных данных при двух недопустимых маршрутах

Пункты отправки	В1	В2	В3	В4	В5	Скопилось ТС
A1	19	9	19	38	17	31
A2	17	10	25	18	15	122
A3	18	9	24	18	22	57
Требуется ТС	63	19	44	49	35	
РЕШЕНИЕ						Итого отправлено
A1	6	0	25	0	0	31
A2	0	19	19	49	35	122
A3	57	0	0	0	0	57
Итого принято	63	19	44	49	35	210
СТОИМОСТИ ПЕРЕГОНОВ						Итого из пункта
A1	114	0	475	0	0	589
A2	0	190	475	882	525	2072
A3	1026	0	0	0	0	1026
Итого в пункт	1140	190	950	882	525	3687

Рис. 14.38. Оптимальное решение для второго варианта исходных данных при двух недопустимых маршрутах

Как мы видим (по сравнению с примером с одним недопустимым маршрутом), запрет перегонки еще по одному маршруту существенно ухудшает оптимальные решения — и для первого и для второго вариантов исходных данных.

### Перегон транспортных средств с жесткими ограничениями по допустимым маршрутам (несколько диапазонов изменяемых данных)

Рассмотрим задачу предыдущего раздела в несколько иной постановке. Изменение носит чисто технический характер, поэтому оптимальные решения будут точно такими же.

Рассмотрим пример с двумя недопустимыми маршрутами  $A3 \rightarrow B4$  (ячейка E16 должна быть равна нулю) и  $A2 \rightarrow B1$  (ячейка B15 должна быть равна нулю).

Изменения в постановке вызваны следующими соображениями.

В предыдущем разделе мы указывали один диапазон изменяемых данных и затем напрямую указывали ограничения на ячейки недопустимых маршрутов. То есть фактически мы указывали, что одна или более ячеек из диапазона изменяемых ячеек на самом деле не являются изменяемыми.

Вполне возможной является такая ситуация, при которой имеется большое количество недопустимых маршрутов. Например, если у нас имеется 20 пунктов отправки и 20 пунктов приема, то всего имеется 400 маршрутов. Если из них 70 являются недопустимыми, причем их ячейки в большинстве случаев не располагаются рядом, то вводить 70 ограничений может оказаться достаточно утомительным делом.

В этом случае может оказаться полезным указание нескольких диапазонов ячеек изменяемых данных. Соответствующий пример приведен на рабочем листе **ПерТранспСр3**. Соответствующая настройка решения представлена на рис. 14.39 — здесь мы видим, что в поле указания диапазона изменяемых ячеек через точку с запятой указаны несколько диапазонов всех изменяемых ячеек-маршрутов. Ячейки E16 и B15 не входят в эти диапазоны. Соответственно не нужны и ограничения по значениям этих ячеек. Разумеется, перед запуском поиска решения в этих ячейках должны быть указаны нулевые значения — так как их значения используются при расчете стоимостей и итоговой суммы. При использовании подхода, описанного в этом разделе, нужно не забывать об этом нюансе — недопустимые ячейки мы должны либо исключать из формул, влияющих на целевую ячейку, либо указывать в этих ячейках значения, соответствующие «недопустимости» этих ячеек. В данном случае это нулевые значения — они не влияют на целевую ячейку.

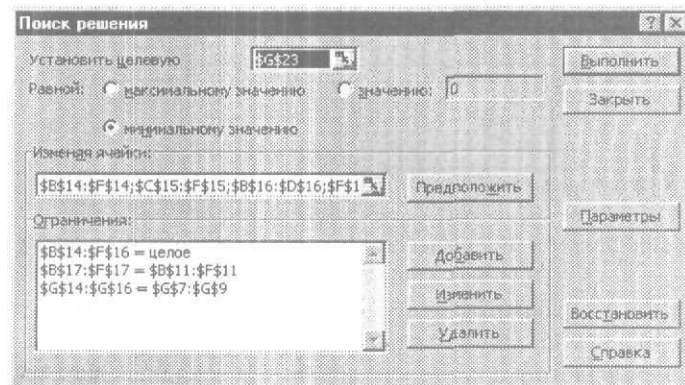


Рис. 14.39. Условия и ограничения задачи — указаны несколько диапазонов изменяемых ячеек

Здесь мы не приводим рисунки с найденными оптимальными решениями, так как решения идентичны решениям, представленным в предыдущем разделе — при двух (таких же) недопустимых маршрутах и для первого и для второго вариантов исходных данных.

### Перегон транспортных средств с жесткими ограничениями по допустимым маршрутам (запретительные тарифы)

В предыдущих двух разделах мы рассмотрели два различных способа указания недопустимых «маршрутов» при решении оптимизационных задач, в которых данные (и исходные, и изменяемые, и расчетные) преимущественно четко могут быть представлены в табличной форме.

Оба способа имеют недостатки.

При указании ограничений на некоторые (возможно, многие) из изменяемых ячеек (первый способ) нам может потребоваться достаточно долго вводить большое количество ограничений (однако преимуществом является то, что в процессе поиска решения в эти ячейки будут автоматически подставлены значения, соответствующие этим ограничениям; помнить об этом не нужно).

При указании нескольких диапазонов изменяемых данных для исключения недопустимых «маршрутов» из числа изменяемых ячеек (второй способ) нам нужно не забыть указать в недопустимых ячейках соответствующие значения или/и исключить эти ячейки из расчетных формул, чтобы они не влияли на результаты поиска решения (однако не нужно вводить большое количество ограничений).

Иными словами, оба способа при большом количестве данных требуют от нас внимательности и немалого объема ручной работы.

#### ЗАМЕЧАНИЕ

Мы умышленно здесь приводим слово **маршрутов** в кавычках, так как то же самое мы имеем и при решении оптимизационных задач, не связанных с перевозками; поэтому под маршрутом в широком смысле слова следует понимать одно из направлений использования какого-либо ресурса.

Можно ли использовать какой-либо прием для решения этой проблемы?

Решение представлено на рабочем листе **ПерТранспСр4**. Здесь рассматривается ситуация с двумя недопустимыми маршрутами  $A3 \rightarrow B4$  (ячейка E16 должна быть равна нулю) и  $A2 \rightarrow B1$  (ячейка B15 должна быть равна нулю). Однако при вызове диалогового окна поиска решения (рис. 14.40) мы увидим, что указан только один диапазон изменяемых ячеек и нет ограничений на недопустимые ячейки.

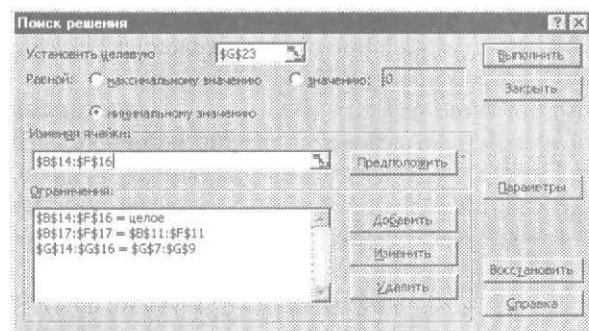


Рис. 14.40. Условия и ограничения задачи

То есть условия и ограничения задачи в данном случае точно такие же, как и в случае, когда все маршруты являются допустимыми.

Каким же образом указать, что при поиске решения в ячейках недопустимых маршрутов должны быть установлены значения, соответствующие «недопустимости» этих маршрутов?

Все очень просто — взгляните на рис. 14.41.

Пункты отправки		Пункты приема					Скопилось ТС
		B1	B2	B3	B4	B5	
A1		2	4	3	6	5	120
A2		100	10	5	4	2	110
A3		8	9	6	100	4	130
Требуется ТС		80	80	70	100	50	
РЕШЕНИЕ							Итого отправлено
A1		80	0	20	20	0	120
A2		0	0	30	80	0	110
A3		0	80	20	0	50	130
Итого принято		80	80	70	100	50	380
СТОИМОСТИ ПЕРЕГОНОВ							Итого из пункта
A1		160	0	80	120	0	340
A2		0	0	150	320	0	470
A3		0	540	120	0	200	860
Итого в пункт		160	540	330	440	200	1670

Рис. 14.41. Неоптимальное решение для первого варианта исходных данных

В таблице исходных данных для недопустимых маршрутов указаны значения тарифов, в несколько раз превышающие самые большие тарифы для допустимых маршрутов (это ячейки B8 и E9). Благодаря использованию «запретительных» тарифов мы решаем сразу несколько проблем:

- не нужно указывать ограничения на недопустимые ячейки;
- не нужно исключать их из расчета или помнить о том, что в них нужно указывать соответствующие значения — в процессе поиска в эти ячейки автоматически будут подставлены значения, обеспечивающие минимизацию влияния запретительных тарифов на итоговую сумму.

Очевидно, что указать запретительные значения даже в большом количестве ячеек гораздо проще, чем вводить большое число ограничений или указывать несколько диапазонов изменяемых данных, внимательно корректировать расчетные формулы (или указывать соответствующие значения).

Для надежности, особенно при экспериментах с несколькими вариантами исходных данных, целесообразно задавать значения запретительных тарифов на несколько порядков больше, чем значения «нормальных» тарифов.

Оптимальные решения для первого и второго вариантов представлены на рис. 14.42 и 14.43. Во втором варианте исходных данных тоже указаны запретительные тарифы для недопустимых маршрутов. Найденные оптимальные планы перегонки и значения целевой ячейки для каждого из вариантов исходных данных точно такие же, как и в двух предыдущих разделах (для случая с двумя недопустимыми маршрутами).

Microsoft Excel - Перевозки.xls  
G23    =СУММ(G20:G22)

Пункты отправки		Пункты приема					Скопилось ТС
		В1	В2	В3	В4	В5	
7	A1	2	4	3	6	5	120
8	A2	100	10	5	4	2	110
9	A3	8	9	6	100	4	130
11	Требуется ТС	80	60	70	100	50	
13	РЕШЕНИЕ						Итого отправлено
14	A1	80	40	0	0	0	120
15	A2	0	0	0	100	10	110
16	A3	0	20	70	0	40	130
17	Итого принято	80	60	70	100	50	360
19	СТОИМОСТИ ПЕРЕГОНОВ						Итого из пункта
20	A1	160	160	0	0	0	320
21	A2	0	0	0	400	20	420
22	A3	0	180	420	0	160	760
23	Итого в пункт	160	340	420	400	180	1500

Рис. 14.42. Оптимальное решение для первого варианта исходных данных

Microsoft Excel - Перевозки.xls  
G23    =СУММ(G20:G22)

Пункты отправки		Пункты приема					Скопилось ТС
		В1	В2	В3	В4	В5	
7	A1	19	9	19	36	17	31
8	A2	1000	10	25	18	15	122
9	A3	18	9	24	1000	22	57
11	Требуется ТС	63	19	44	49	35	
13	РЕШЕНИЕ						Итого отправлено
14	A1	8	0	25	0	0	31
15	A2	0	19	19	49	35	122
16	A3	57	0	0	0	0	57
17	Итого принято	63	19	44	49	35	210
19	СТОИМОСТИ ПЕРЕГОНОВ						Итого из пункта
20	A1	114	0	475	0	0	589
21	A2	0	190	475	882	525	2072
22	A3	1026	0	0	0	0	1026
23	Итого в пункт	1140	190	950	882	525	3687

Рис. 14.43. Оптимальное решение для второго варианта исходных данных

### Перегон транспортных средств с ограничениями по максимальному количеству перегонов по некоторым маршрутам (нежесткие ограничения)

Рассмотрим еще один вариант постановки задачи перегона транспортных средств. На этот раз допустим, что у нас опять имеются ограничения для двух маршрутов (для тех же самых —  $A3 \rightarrow B4$  (ячейка E16 должна быть равна нулю) и  $A2 \rightarrow B1$  (ячейка B15 должна быть равна нулю)). Однако теперь эти ограничения не являются жесткими (вообще запрещающими перевозки по этим маршрутам). Вместо этого ограничения указывают максимальное количество ТС, которое можно перегнать по этим маршрутам. Такие ограничения, очевидно, могут быть связаны с ограниченной пропускной способностью (ремонт, ограничения по времени работы (только определенные дни в неделе или часы в сутках)).

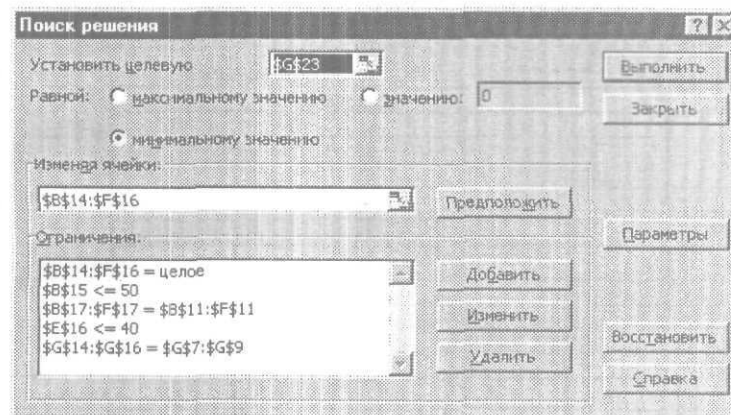
#### ЗАМЕЧАНИЕ

В задачах оптимального планирования распределения ресурсов аналогом таких ограничений могут быть, например, ограничения по использованию конкретного вида ресурса для изготовления изделий конкретного типа из-за ограничений мощности оборудования или по каким-либо другим причинам.

Итак, в новой постановке нашей задачи (рабочий лист **ПерТранспСр5**) мы имеем следующие ограничения:

- по маршруту  $A3 \rightarrow B4$  нельзя перегонять более 40 ТС;
- по маршруту  $A2 \rightarrow B1$  нельзя перегонять более 50 ТС.

Задать ограничения для соответствующих ячеек достаточно просто (рис. 14.44).



**Рис. 14.44.** Условия и ограничения задачи.

Заданы ограничения по максимальным значениям ячеек, соответствующих маршрутам, на которые есть ограничения

Выполним расчеты для обоих вариантов исходных данных. Результаты представлены на рис. 14.45 и 14.46.



Microsoft Excel - Перевозки.xls							
g23		=СУММ(G20:G22)					
A	B	C	D	E	F	G	H
1	В нескольких пунктах (пункты отправки) скопились транспортные средства. Эти ТС необходимо перегнать						
2	(пункты приема). Необходимо составить такой план перегона ТС, чтобы общая стоимость перегонов была						
4	ТАРИФЫ ПЕРЕГОНА ТС, КОЛИЧЕСТВА СКОПИВШИХСЯ ТС И ТРЕБУЕМЫХ ТС						
5	Пункты отправки						
6		Пункты приема					Скопилось ТС
7	A1	2	4	1	6	7	120
8	A2	3	10	5	4	2	110
9	A3	8	9	6	3	4	130
11	Требуется ТС	80	60	70	100	50	
13	РЕШЕНИЕ						
14	A1	30	50	40	0	0	120
15	A2	50	0	0	60	0	110
16	A3	0	10	30	40	50	130
17	Итого принято	80	60	70	100	50	360
19	СТОИМОСТИ ПЕРЕГОНОВ						
20	A1	60	200	40	0	0	300
21	A2	150	0	0	240	0	390
22	A3	0	90	180	120	200	590
23	Итого в пункт	210	290	220	360	200	1280

Рис. 14.45. Оптимальное решение для первого варианта исходных данных

Microsoft Excel - Перевозки.xls							
g23		=СУММ(G20:G22)					
A	B	C	D	E	F	G	H
1	В нескольких пунктах (пункты отправки) скопились транспортные средства. Эти ТС необходимо перегнать						
2	(пункты приема). Необходимо составить такой план перегона ТС, чтобы общая стоимость перегонов была						
4	ТАРИФЫ ПЕРЕГОНА ТС, КОЛИЧЕСТВА СКОПИВШИХСЯ ТС И ТРЕБУЕМЫХ ТС						
5	Пункты отправки						
6		Пункты приема					Скопилось ТС
7	A1	19	9	19	36	17	31
8	A2	17	10	25	18	15	122
9	A3	18	9	24	18	22	57
11	Требуется ТС						
13	РЕШЕНИЕ						
14	A1	0	0	31	0	0	31
15	A2	50	0	0	37	35	122
16	A3	13	19	13	12	0	57
17	Итого принято	63	19	44	49	35	210
19	СТОИМОСТИ ПЕРЕГОНОВ						
20	A1	0	0	589	0	0	589
21	A2	850	0	0	866	525	2041
22	A3	234	171	312	216	0	933
23	Итого в пункт	1084	171	901	882	525	3563

Рис. 14.46. Оптимальное решение для второго варианта исходных данных

Вы можете сравнить значения целевой ячейки с оптимальными решениями (для каждого варианта исходных данных) этой задачи, полученными в предыдущих разделах (с ограничениями и без таковых).

Обратите также внимание, что здесь для второго варианта исходных данных оптимальное решение достигается при использовании максимальной пропускной способности маршрута  $A2 \rightarrow B1$ , а для маршрута  $A3 \rightarrow B4$  остается запас пропускной способности.

### **Перегон транспортных средств с ограничениями по максимальному количеству перегонов по всем маршрутам (нежесткие ограничения)**

В предыдущем разделе мы рассмотрели вариант постановки задачи, в котором имелись ограничения по пропускной способности только ДВУХ из пятнадцати маршрутов. Теперь допустим, что ограничения по пропускной способности имеются у всех маршрутов. Пример, представленный в этом разделе, интересен для нас тем, что здесь используется еще один способ указания ограничений для большого числа ячеек.

Задача представлена на рабочем листе **ПерТранспСр6** (рис. 14.48). Мы изменили структуру рабочего листа — теперь на рабочем листе имеется таблица с ограничениями по пропускной способности маршрутов. Эта таблица помещена между таблицей исходных данных и таблицей решения. Собственно ограничения находятся в ячейках  $B14:F16$  (диапазон этих ячеек сверху и снизу выделен жирной ярко-красной линией). Например, ячейка  $B14$  содержит ограничение по количеству транспортных средств, которое можно перегнать по маршруту  $A1 \rightarrow B1$ , ячейка  $C15$  содержит ограничение по количеству транспортных средств, которое можно перегнать по маршруту  $A2 \rightarrow B2$ , ячейка  $F16$  — по маршруту  $A3 \rightarrow B5$ ; все остальные ячейки в этом диапазоне — аналогично.

Обратите внимание, что все ограничения по каждому отдельному маршруту не нарушают баланс модели применительно к возможностям каждого из пунктов отправки и потребностям каждого из пунктов приемки.

Несмотря на наличие отдельных ограничений на каждый маршрут, отсутствуют ограничения:

- на возможности отправки ТС из каждого из пунктов отправки;
- на возможность приема ТС в каждый из пунктов приемки.

Мы использовали один и тот же набор «маршрутных» ограничений и для первого и для второго варианта исходных данных, поэтому и на рис. 14.48 и на рис. 14.49 мы можем видеть, что суммарные числа ТС, которые **МОГУТ БЫТЬ** отправлены из каждого из пунктов отправки (ячейки  $G14:G16$ ), существенно превышают количество ТС, которое **ИМЕЕТСЯ** в каждом соответствующем пункте отправки (ячейки  $G7:G9$ ). Точно так же мы можем видеть, что суммарные числа ТС, которые **МОГУТ БЫТЬ ПРИГНАНЫ** в каждый из пунктов приемки (ячейки  $B17:F17$ ), существенно превышают количество ТС, которое **ТРЕБУЕТСЯ** в каждом соответствующем пункте приемки (ячейки  $B11:F11$ ).

Таким образом, в этой постановке задачи сохраняется баланс «возможности <-> потребности» (возможности точно равны потребностям). Суммарные ограничения по возможностям отправки и потребностям приема определяются точно так же, как

и в предыдущих разделах, и не зависят от ограничений по пропускной потребности каждого отдельного маршрута.

Теперь посмотрим, почему использовали таблицу ограничений. Вызовем диалоговое окно поиска (рис. 14.47).

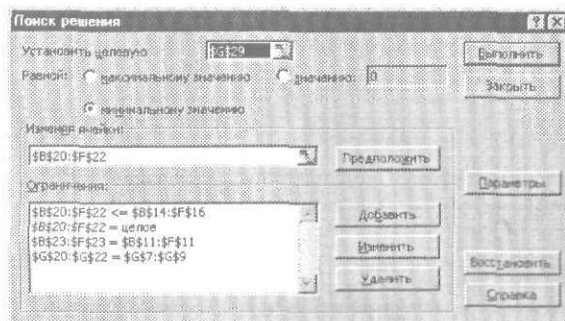


Рис. 14.47. Условия и ограничения задачи

Как видно из этого рисунка, у нас вообще нет ограничений, в которых бы конкретно указывались числовые значения, ограничивающие (неравенствами или равенствами) значения маршрутов в ячейках. Так мы делали в предыдущем разделе, но нам нужно было указать ограничения только по двум маршрутам, а не по всем пятнадцати! Если бы мы решили поступить таким же образом и в этой задаче, нам пришлось бы потратить заметное время на указание ограничений. Здесь же мы в одном ограничении (первое в списке ограничений) указали диапазон ячеек-ограничений, «накладываемых» на диапазон ячеек-решений!

Используя такой подход, мы получаем следующие важные преимущества:

- 1) так как ограничивающие значения находятся в ячейках рабочего листа, а не указаны числами в ограничениях задач, то их гораздо легче изменять (в процессе экспериментов с математической моделью);
- 2) при большом количестве маршрутов, на которые распространяются ограничения, гораздо проще указать ограничения сразу на диапазон ячеек, а не по отдельности на каждую ячейку.

#### ЗАМЕЧАНИЕ

Очевидно, что первое преимущество мы получим и в том случае, даже если у нас будут использоваться ограничения на большое количество ячеек (на каждую по отдельности); главное, чтобы мы могли изменять значения ограничений прямо на рабочем листе, а не в списке ограничений.

Если при большом количестве маршрутов имеются ограничения по пропускной способности подавляющего большинства маршрутов, то можно использовать следующий прием. Ограничения на все маршруты также оформить в виде таблицы и указать одно ограничение на диапазон ячеек-решений. Для маршрутов, для которых ограничения отсутствуют, в ячейках-ограничениях нужно указать допустимые значения (пропускную способность) заведомо большие (например на несколько порядков), чем реальные возможные объемы перевозок по этим маршрутам, которые могут быть найдены при поиске оптимального решения. Подобный пример представлен в следующем разделе.

Итак, выполним расчеты для первого и второго вариантов исходных данных. Результаты представлены на рис. 14.48 и 14.49.

Пункты отправки	Пункты приема					Скопилось ТС	Требуется	Всего
	B1	B2	B3	B4	B5			
A1	2	4	1	6	7	120	Скопилось	360
A2	3	10	5	4	2	110	Скопилось	360
A3	8	9	6	3	4	130		
Требуется ТС	80	60	70	100	50			

Пункты отправки	B1	B2	B3	B4	B5	Итого м.б. отправлено
A1	20	27	32	52	18	149
A2	50	15	11	37	14	127
A3	29	19	69	12	22	151
Итого м.б. принято	99	61	112	101	54	427

Пункты отправки	B1	B2	B3	B4	B5	Итого отправлено
A1	20	27	8	51	14	120
A2	45	14	0	37	14	110
A3	15	19	62	12	22	130
Итого принято	80	60	70	100	50	360

Пункты отправки	B1	B2	B3	B4	B5	Итого из пункта
A1	40	108	8	306	98	560
A2	135	140	0	148	28	451
A3	120	171	372	36	88	787
Итого в пункт	295	419	380	490	214	1788

Рис. 14.48. Оптимальное решение для первого варианта исходных данных

Пункты отправки	Пункты приема					Скопилось ТС	Требуется	Всего
	B1	B2	B3	B4	B5			
A1	19	9	19	36	17	31	Скопилось	210
A2	17	10	25	18	15	122	Скопилось	210
A3	18	6	24	18	22	57		
Требуется ТС	63	19	44	49	35			

Пункты отправки	B1	B2	B3	B4	B5	Итого м.б. отправлено
A1	20	27	32	52	18	149
A2	50	15	11	37	14	127
A3	29	19	69	12	22	151
Итого м.б. принято	99	61	112	101	54	427

Пункты отправки	B1	B2	B3	B4	B5	Итого отправлено
A1	0	0	23	0	8	31
A2	50	13	8	37	14	122
A3	13	6	13	12	13	57
Итого принято	63	19	44	49	35	210

Пункты отправки	B1	B2	B3	B4	B5	Итого из пункта
A1	0	0	437	0	136	573
A2	850	130	200	666	210	2056
A3	234	54	312	216	286	1102
Итого в пункт	1084	194	949	882	632	3731

Рис. 14.49. Оптимальное решение для второго варианта исходных данных

Вы можете сравнить значения целевой ячейки с оптимальными решениями (для каждого варианта исходных данных) этой задачи, полученными в предыдущих разделах (с ограничениями и без таковых). Интересно достаточно детально сравнить планы перевозок из разных разделов.

### **Перегон транспортных средств с ограничениями по максимальному количеству перегонов по большинству маршрутов (нежесткие ограничения)**

В предыдущих разделах мы рассмотрели ситуации, когда постановка задачи предусматривает наличие ограничений по пропускной способности маршрутов (причем мы использовали различные средства для описания этих ограничений).

Мы рассмотрели два подвида таких ограничений:

- ограничения по пропускной способности НЕКОТОРЫХ маршрутов (на несколько маршрутов есть ограничения, а на большинство — нет);
- ограничения по пропускной способности ВСЕХ маршрутов (на все маршруты имеются ограничения).

Теперь осталось рассмотреть ограничение по пропускной способности БОЛЬШИНСТВА маршрутов (на большинство маршрутов есть ограничения, но на некоторые — нет).

Для описания ограничений по пропускной способности воспользуемся тем же способом, который мы рассмотрели в предыдущем разделе, — используем таблицу ограничений. А для указания того, что по нескольким маршрутам ограничений нет, укажем в соответствующих ячейках-ограничениях значения, заведомо превышающие реальную потребность (фактически это подход, противоположный способу использования запретительных тарифов, который мы рассматривали ранее).

Таким образом, условия и ограничения задачи будут у нас точно такими же, как и в предыдущем разделе (поэтому мы не приводим рисунок диалогового окна поиска решения).

Пример представлен на рабочем листе **ПерТранспСр7**.

На рис. 14.50 и 14.51 видно, что в ячейках B15, C14, F16 указано число 1000 (пропускная способность каждого из маршрутов, соответствующих этим ячейкам, — количество ТС, которое может быть перегнано по этим маршрутам).

Очевидно, что такая пропускная способность значительно превышает реальную потребность — у нас нет такого количества ТС.

Фактически это означает отсутствие ограничений по пропускной способности этих маршрутов.

Microsoft Excel - Перевозки.xls  
G29    =СУММ(G26:G28)

В нескольких пунктах (пункты отправки) скопились транспортные средства. Эти ТС необходимо перегнать в другие пункты (пункты приема). Необходимо составить такой план перегона ТС, чтобы общая стоимость перегонки была минимальной.

ТАРИФЫ ПЕРЕГОНА ТС, КОЛИЧЕСТВА СКОПИВШИХСЯ ТС И ТРЕБУЕМЫХ ТС

Пункты отправки	Пункты приема					Скопилось ТС	Всего:	
	B1	B2	B3	B4	B5		Требуется	360
A1	2	4	1	6	7	120	Скопилось	360
A2	3	10	5	4	2	110		
A3	8	9	8	3	4	130		
Требуется ТС	80	60	70	100	50			

ОГРАНИЧЕНИЯ ПО ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ МАРШРУТОВ (м.б. перегнано ТС) Итого м.б. отправлено

A1	20	1000	32	52	18	1122	
A2	1000	15	11	37	14	1077	
A3	29	19	69	1000	22	1139	
Итого м.б. принято	1049	1034	112	1089	54	3338	

РЕШЕНИЕ Итого отправлено

A1	14	60	32	0	14	120	
A2	68	0	11	19	14	110	
A3	0	0	27	81	22	130	
Итого принято	80	60	70	100	50	360	

СТОИМОСТИ ПЕРЕГОНОВ Итого из пункта

A1	23	240	32	0	98	398	
A2	198	0	55	76	28	357	
A3	0	0	162	243	88	493	
Итого в пункт	226	240	249	319	214	1248	

Рис. 14.50. Оптимальное решение для первого варианта исходных данных

Microsoft Excel - Перевозки.xls  
G29    =СУММ(G26:G28)

В нескольких пунктах (пункты отправки) скопились транспортные средства. Эти ТС необходимо перегнать в другие пункты (пункты приема). Необходимо составить такой план перегона ТС, чтобы общая стоимость перегонки была минимальной.

ТАРИФЫ ПЕРЕГОНА ТС, КОЛИЧЕСТВА СКОПИВШИХСЯ ТС И ТРЕБУЕМЫХ ТС

Пункты отправки	Пункты приема					Скопилось ТС	Всего:	
	B1	B2	B3	B4	B5		Требуется	210
A1	19	9	19	38	17	31	Скопилось	210
A2	17	10	25	18	15	122		
A3	19	9	24	18	22	57		
Требуется ТС	63	19	44	49	35			

ОГРАНИЧЕНИЯ ПО ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ МАРШРУТОВ (м.б. перегнано ТС) Итого м.б. отправлено

A1	20	1000	32	52	18	1122	
A2	1000	15	11	37	14	1077	
A3	29	19	69	1000	22	1139	
Итого м.б. принято	1049	1034	112	1089	54	3338	

РЕШЕНИЕ Итого отправлено

A1	0	0	27	0	4	31	
A2	63	8	0	37	14	122	
A3	0	11	17	12	17	57	
Итого принято	63	19	44	49	35	210	

СТОИМОСТИ ПЕРЕГОНОВ Итого из пункта

A1	0	0	513	0	68	581	
A2	1071	80	0	666	210	2027	
A3	0	99	408	216	374	1097	
Итого в пункт	1071	179	921	882	652	3708	

Рис. 14.51. Оптимальное решение для второго варианта исходных данных

Вы можете сравнить значения целевой ячейки с оптимальными решениями (для каждого варианта исходных данных) этой задачи, полученными в предыдущем разделе. Снятие ограничений по некоторым маршрутам позволило найти решения с меньшей суммарной стоимостью перевозок.

### Несколько примеров типичных транспортных задач

В этом разделе рассматриваются три примера задач, в которых также требуется минимизировать общую стоимость перевозок одного ресурса из  $N$  исходных пунктов в  $M$  целевых пунктов.

В качестве примеров мы использовали:

- перевозку муки со складов в магазины (рабочий лист **Мука\_Склад\_Mag**);
- доставку бензина из хранилищ на заправочные станции (рабочий лист **Распределение\_Бензина**);
- доставку кирпича с заводов на стройки (рабочий лист **Кирпич**).

Для всех примеров мы использовали один обобщенный подход, полностью аналогичный представленному в предыдущих разделах (перегон транспортных средств).

Используя этот подход и очень похожее оформление рабочих листов, мы хотели подчеркнуть, что представленный метод решения оптимизационных задач подходит для самых различных ситуаций и не зависит от факторов, перечисленных далее.

**Тип ресурса.** Это может быть мука, бензин, кирпичи, сталь... и вообще все что угодно (для чего существуют понятия «единица измерения» и «стоимость перевозки по конкретному маршруту единицы» этого чего-то). Для обобщенных примеров вместо указания названия ресурса можно использовать термины «ресурс», или «сырье», или «материал».

**Матрица маршрутов.** Совершенно не имеет значения, сколько в задаче имеется исходных пунктов (из которых что-то вывозится/отгружается/отгоняется) и целевых пунктов (в которые что-то ввозится/пригоняется). В примере с мукой у нас имеется три исходных пункта и пять целевых. Следовательно, матрица маршрутов содержит 15 маршрутов — точно так же, как и в примерах с перегонкой транспортных средств. В примере с бензином также три исходных пункта, но целевых пунктов четыре, а не пять (матрица содержит 12 маршрутов). А в примере с кирпичом имеется пять заводов (исходные пункты) и шесть строек (целевые пункты), то есть матрица содержит 30 маршрутов.

Емкость матрицы ресурсов никак не сказывается на принципах решения задачи, но сказывается на времени поиска решения — для задачи с 300 маршрутами поиск может потребовать гораздо больше времени, чем для задачи с 30 маршрутами.

**Единица измерения ресурса.** Так как у нас могут использоваться самые разные ресурсы, то, следовательно, могут использоваться и самые разные единицы измерения. Для перечислимых ресурсов (например, транспортные средства, пассажиры или кирпичи) единицей измерения может быть «штука» (или «единица») и

любая производная от нее — «тысяча штук», «миллион штук» и т. п. Для измеряемых ресурсов это могут быть меры длины, веса, площади, объема. Главное, чтобы в конкретном решении были четко согласованы понятия «единица ресурса», «стоимость транспортировки единицы ресурса» (по конкретным маршрутам) и количественные. Например, если тарифы определены для тонн ресурса, а количественные ограничения (например «требуется») заданы в килограммах, то найденное решение будет неправильным.

**Откуда берется ресурс в исходных пунктах.** Ресурс может «накапливаться», производиться, добываться и т. д.

**Зачем нужен ресурс в целевых пунктах.** Ресурс может требоваться, расходоваться, поглощаться, использоваться и т. д.

Далее представлены рисунки с найденными оптимальными решениями — по два для каждого из примеров (два варианта исходных данных).

Так как во всех этих примерах используется сходное оформление рабочих листов, аналогичное представленному в предыдущих разделах, то мы не приводим списание структур рабочих листов — везде используются простые формулы суммирования по колонкам и столбцам.

В этих трех примерах нет никаких ограничений, кроме количеств ресурсов, вывезенных из исходных пунктов, количеств ресурсов, доставленных в целевые пункты, и условия целочисленности для количеств единиц ресурсов, перевозимых по конкретным маршрутам. Также нет никаких особых нюансов с целевой ячейкой и диапазонами исходных/изменяемых данных. Поэтому мы не приводим рисунки диалогового окна поиска решения.

Склады		Магазины					Имеется
		B1	B2	B3	B4	B5	
A1		2	4	1	6	7	120
A2		3	10	5	4	2	110
A3		8	9	6	3	4	130
Требуется		80	60	70	100	50	
<b>РЕШЕНИЕ</b>							Итого отправлен
A1		0	55	65	0	0	120
A2		80	0	0	0	30	110
A3		0	5	5	100	20	130
Итого доставлено		80	60	70	100	50	360
<b>СТОИМОСТИ ПЕРЕВОЗОК</b>							Итого со склада
A1		0	220	65	0	0	285
A2		240	0	0	0	60	300
A3		0	45	30	300	80	455
Стоимость доставки в магазин		240	265	95	300	140	1040

Рис. 14.52. Перевозка муки — оптимальное решение для первого варианта исходных данных



5	A	B	C	D	E	F	G	H	I
6	Заводы	Стройки						Производится	
7	A1	7	5	12	8	8	10	180	
8	A2	8	10	6	13	13	17	140	
9	A3	4	11	10	11	12	9	240	
10	A4	6	12	7	14	14	13	400	
11	A5	12	14	8	13	9	15	150	
13	Требуется	170	190	110	290	220	130		
15	РЕШЕНИЕ								Итого отправлено
16	A1	0	71	0	109	0	0	180	
17	A2	0	119	0	21	0	0	140	
18	A3	0	0	0	110	0	130	240	
19	A4	170	0	110	50	70	0	400	
20	A5	0	0	0	0	150	0	150	
21	Итого доставлено	170	190	110	290	220	130	1110	
23	СТОИМОСТИ ПЕРЕВОЗОК								Итого со склада
24	A1	0	355	0	872	0	0	1227	
25	A2	0	1190	0	273	0	0	1463	
26	A3	0	0	0	1210	0	1170	2380	
27	A4	1020	0	770	700	980	0	3470	
28	A5	0	0	0	0	1350	0	1350	
29	Стоимость перевозки на стройку	1020	1545	770	3055	2330	1170	9890	

Рис. 14.57. Перевозка кирпича – оптимальное решение для второго варианта исходных данных

### Задача оптимизации перевозок нескольких невзаимозаменяемых товаров (многоресурсная задача с ограничениями по пропускной возможности маршрутов)

В этом разделе рассматривается новая задача. Если во всех рассмотренных ранее задачах оптимизации перевозок речь шла только об одном товаре (продукте, сырье, ресурсе; это были мука, бензин, транспортные средства и т.п.), то здесь представлена задача, в которой требуется оптимизировать план перевозок трех различных товаров, причем товары не могут заменить друг друга.

Задача представлена на рабочем листе **Ресурсы**.

У нас будет три поставщика и пять получателей товара (такие примеры мы уже рассматривали), но так как теперь требуются отдельные таблицы тарифов и сведений о наличии/потребностях ДЛЯ КАЖДОГО ТОВАРА, то нам необходимо полностью изменить структуру рабочего листа.

#### Структура рабочего листа

Так как все необходимые данные на рабочем месте нельзя увидеть сразу (при масштабе, позволяющем разглядеть цифры), то целесообразно условно выделить несколько областей данных. Мы перечислим их «сверху вниз» (и проиллюстрируем рисунками для подобранного вручную неоптимального решения):

- область исходных данных — здесь приведены три (для каждого товара) таблицы, содержащие сведения о тарифах перевозки единицы товара по каждому из маршрутов, а также информацию о количестве товара, имеющегося у каждого из поставщиков, и количестве товара, требующегося каждому из получателей. Кроме этого, в этой же области находится ОДНА таблица ограничений по пропускной способности каждого из маршрутов. Эта область (верхняя часть рабочего листа) представлена на рис. 14.58;
- область изменяемых данных и подсчета объемов перевозок по каждому из маршрутов — здесь приведены три (для каждого товара) таблицы, в которые в процессе поиска решения подставляются значения объемов перевозок по каждому маршруту, а также ОДНА таблица, в которой подсчитываются суммарные (для всех трех товаров вместе) объемы перевозок по каждому из маршрутов. Эта область (средняя часть рабочего листа) представлена на рис. 14.59;
- область подсчета стоимостей перевозок — здесь приведены три (для каждого товара) таблицы, в которых подсчитывается стоимость перевозки каждого товара по каждому из маршрутов (в соответствии с объемом, который подставлен в соответствующую ячейку изменяемых данных). Здесь также находится одна таблица, в которой подсчитываются суммарные (для всех трех товаров вместе) стоимости перевозок по каждому из маршрутов, а также и общая стоимость (целевая ячейка, ее значение должно быть минимальным). Эта область (нижняя часть рабочего листа) представлена на рис. 14.60.

Microsoft Excel - Перевозки.xls

Л11 =ЕСЛИ(K9=K10;"Ошибкa!!!")

У трех поставщиков в разных количествах имеются три разных товара. Эти товары необходимо доставить пяти получателям в соответствии с потребностью каждого получателя в каждом из товаров.  
Составить план перевозок, обеспечивающий минимальную общую стоимость перевозок.

ТАРИФЫ ПЕРЕВОЗКИ ТОВАРОВ ОТ ПОСТАВЩИКОВ ПОЛУЧАТЕЛЯМ, ТОВАРЫ У ПОСТАВЩИКОВ (ИМЕЕТСЯ) И У ПОЛУЧАТЕЛЕЙ

	Поставщики	Получатели					Имеется	
		B1	B2	B3	B4	B5		
Товар 1	A1	3,20	2,50	5,80	2,70	2,30	950	
	A2	3,00	2,10	5,50	3,10	3,40	1000	Требуется 3870
	A3	3,10	2,00	5,70	4,10	5,40	1820	Имеется 3870
	Требуется	900	700	700	720	850		
Товар 2	A1	2,40	1,90	4,30	4,50	1,80	1840	Всего: 950
	A2	2,30	1,70	4,40	3,80	2,00	1200	Требуется 4190
	A3	2,20	1,60	4,80	2,20	4,00	1150	Имеется 4190
	Требуется	900	1000	600	750	940		
Товар 3	A1	2,30	1,70	4,00	6,10	7,00	850	Всего: 850
	A2	2,00	1,40	4,30	4,00	2,50	1180	Требуется 2850
	A3	2,90	1,50	4,30	3,00	4,00	640	Имеется 2850
	Требуется	700	500	500	500	450		
ОГРАНИЧЕНИЯ ПО ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ МАРШРУТОВ							Всего от поставщика	
	A1	1200	900	1000	850	770	4720	
	A2	1200	1000	1100	900	1440	5640	
	A3	950	1300	1000	970	680	4790	
	Итого в магазин	3350	3200	3100	2820	2870		

Готово

Рис. 14.58. Перевозка нескольких товаров. Верхняя часть рабочего листа — товары, имеющиеся у поставщиков; потребность получателей в товарах; тарифы на перевозку каждого товара по каждому маршруту; ограничения по пропускной способности маршрутов

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
29	РЕШЕНИЕ								Итого отправлено	
30	Товар 1	A1	800	0	0	150	0	950		
31		A2	100	200	700	0	0	1000		
32		A3	0	500	0	570	850	1920		
33		Итого доставлено	900	700	700	720	850	3870		
34	Товар 2	A1	200	0	500	750	390	1840		
35		A2	250	450	100	0	400	1200		
36		A3	450	550	0	0	150	1150		
37		Итого доставлено	900	1000	600	750	940	4190		
38	Товар 3	A1	0	200	500	150	0	850		
39		A2	200	300	0	350	310	1160		
40		A3	500	0	0	0	140	640		
41		Итого доставлено	700	500	500	500	450	2650		
42	Объем перевозок по каждому из маршрутов								Всего от поставщика	
43		A1	1000	200	1000	1050	390	3640		
44		A2	550	950	800	350	710	3360		
45		A3	950	1050	0	570	1140	3710		
46		Итого в магазин	2500	2200	1800	1970	2240			

Рис. 14.59. Перевозка нескольких товаров. Средняя часть рабочего листа — изменяемые данные (объемы перевозок каждого товара по каждому маршруту) и суммарные объемы перевозок — для контроля ограничений по пропускной способности. Стрелками показаны зависимости ячеек суммарных объемов перевозок от объемов перевозок по каждому товару

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
51	СТОИМОСТИ ПЕРЕВОЗОК - ДЛЯ КАЖДОГО ОТДЕЛЬНОГО ТОВАРА								Стоимость доставки от поставл		
52	Товар 1	A1	2560	0	0	405	0	2965			
53		A2	300	420	3850	0	0	4570			
54		A3	0	1000	0	2337	4590	7927			
55		Стоим. дост. получателю	2860	1420	3850	2742	4590	15462			
56	Товар 2	A1	480	0	2150	3375	702	6707			
57		A2	575	765	440	0	800	2580			
58		A3	990	890	0	0	600	2470			
59		Стоим. дост. получателю	2045	1645	2590	3375	2102	11757			
60	Товар 3	A1	0	340	2000	915	0	3255			
61		A2	400	420	0	1400	775	2995			
62		A3	1000	0	0	0	560	1560			
63		Стоим. дост. получателю	1400	760	2000	2315	1335	7810			
64	СТОИМОСТИ ПЕРЕВОЗОК - ДЛЯ ВСЕХ ТОВАРОВ								Стоимость доставки от поставл		
65		A1	3040	340	4150	4895	702	12927			
66		A2	1275	1605	4290	1400	1575	10145			
67		A3	1990	1890	0	2337	5750	11957			
68		Стоим. дост. получателю	6305	3825	8440	8432	8027	35029			

Рис. 14.60. Перевозка нескольких товаров. Нижняя часть рабочего листа — стоимости перевозок каждого товара по каждому маршруту (произведение указанного (найденного) объема перевозок конкретного товара по конкретному маршруту на стоимость перевозки этого товара по этому маршруту) и суммарные стоимости перевозок — для подсчета итоговой суммы. Стрелками показаны зависимости ячеек суммарных стоимостей от стоимостей перевозок каждого товара

**Важные замечания**

Мы особо подчеркиваем, что у нас имеется ОДНА таблица ограничений по пропускной способности маршрутов и соответственно ОДНА таблица, в которой суммируются объемы перевозок всех продуктов по каждому маршруту. Таким образом, значения ячеек первой из этих таблиц являются ограничениями для значений, вычисляемых во второй таблице. Если бы у нас были заданы ограничения по пропускной способности маршрутов ОТДЕЛЬНО для каждого продукта, то нам следовало бы разделить  $N$ -ресурсную задачу на  $N$  одноресурсных задач и спокойно решить их так, как мы делали в предыдущих разделах (в данном случае «трехресурсная» задача должна была бы быть заменена на три одноресурсных).

Однако у нас общие для всех продуктов ограничения по пропускной способности маршрутов. В каких практических ситуациях может встретиться такая постановка? Допустим, что перевозочной (транспортировочной) единицей у нас является не единица товара, а единица тары, например ящик. Причем ящики абсолютно одинаковы (для товаров всех видов). Таким образом, ограничения по пропускной способности маршрутов означают ограничения по числу ящиков (которое может быть перевезено по конкретному маршруту за оптимизируемый период) НЕЗАВИСИМО от того, какие товары будут перевозиться в этих ящиках. Именно из-за наличия таких ограничений (не зависящих от вида товара) задача и становится многоресурсной.

Теперь следует дать некоторые пояснения по тарифам на перевозку. Раз перевозочной единицей является единица тары (а не единица товара), то, следовательно, она же (перевозочная единица) является тарифной единицей. Таким образом, в таблицах тарифов даны тарифы на перевозку по конкретному маршруту единицы тары (загруженной некоторым количеством единиц каждого товара, причем знать, сколько единиц товара умещается в единицу тары, не нужно — перевозки и расчеты проводятся в единицах тары).

Резонный вопрос: если тара одинаковая, то почему же разные тарифы? А вот размер тарифа как раз зависит от специфики каждого товара. Например, три одинаковых ящика, загруженных разными товарами, могут иметь разный вес — следовательно, их транспортировка будет иметь разную стоимость. За примерами далеко ходить не нужно — разных сортов яблоки обеспечивают разную степень заполнения одинаковых ящиков. Меньшие по размеру яблоки укладываются плотнее (незаполненного пространства внутри полного ящика меньше), чем яблоки средних и крупных сортов. Соответственно, вполне возможно, ящик, заполненный яблоками меньших размеров, будет весить заметно больше ящиков, заполненных яблоками больших размеров (этот эффект может быть усилен или в какой-то степени уменьшен из-за различной плотности вещества яблок разных сортов).

Точно так же обстоит дело с различными горюче-смазочными веществами, перевозимыми по железной дороге. Здесь перевозочной единицей является железнодорожная цистерна, вес которой зависит от плотности залитого в нее вещества (предполагается, что уровень заполнения примерно одинаков для всех веществ). Следовательно, вес цистерны, заполненной веществом «товар 1», может суще-

ственно отличаться от веса цистерны, заполненной веществом «товар 2». Из этого проистекает различие в тарифах на перевозку одной цистерны по одному и тому же маршруту.

Очень близким является пример с сыпучими веществами, перевозимыми с помощью специальных вагонов.

В этих примерах можно назвать ограничения «ограничениями по объему перевозимого независимо от веса», однако очевидно, что, не изменяя обобщенную постановку задачи, мы можем подобрать примеры с «ограничениями по весу перевозимого независимо от объемов».

Кроме этого, совершенно необязательно мыслить «объемно-весовыми» категориями. Вернемся к задачам о перегоне транспортных средств. Перегоночной и тарифной единицей является «транспортное средство». Ограничения по пропускной способности определяют количества единиц транспортных средств, перегоняемых по маршрутам, независимо от вида транспортных средств. Различие же в тарифах определяется разной стоимостью перегона транспортных средств различных видов, например из-за разного расхода топлива (или использования разных видов топлива, различающихся по стоимости), из-за разной скорости перегона (медленные ТС перегоняются за несколько суток, то есть нужны расходы на ночевку/питание водителей и/или на водителей-сменщиков).

Таким образом, мы хотим еще раз особо подчеркнуть независимость постановки задачи от ее практической «трактовки».

В заключение этого подраздела мы также хотим отметить, что ограничения по пропускной способности устанавливаются именно на конкретные маршруты ( $A_i \rightarrow B_j$ ) а не на суммарные объемы вывозов от поставщиков или суммарные объемы ввозов к получателям. То есть ячейки, находящиеся в итоговых строке и столбце таблицы ограничений по пропускным способностям, НЕ являются ограничениями для каких-либо ячеек рабочего листа.

### Структура ограничений

Ограничений достаточно много, поэтому в данном случае мы решили не делать большую таблицу с описанием структуры рабочего листа и с описанием ограничений, задаваемых значениями одних групп ячеек на значения других групп (и с пояснениями по назначению ячеек).

Вместо этого для наглядности мы сделали в различных масштабах несколько рисунков (рис. 14.61–14.65), на которых стрелками и выделенными областями указали группы ячеек, используемых в ограничениях.

Во всех таких «связках» группа ячеек, которая находится выше на рабочем листе, содержит ограничения для группы ячеек, которая находится ниже (в этой же «связке»). То есть значения в нижней группе ячеек тем или иным образом зависят от изменяемых данных, а в верхней — не зависят (являются либо статическими, либо рассчитываются по формулам и «цепочкам» формул, не зависящим от изменяемых данных).

Как и в предыдущих примерах, цветовое обрамление ячеек помогает разобраться в структуре ограничений.

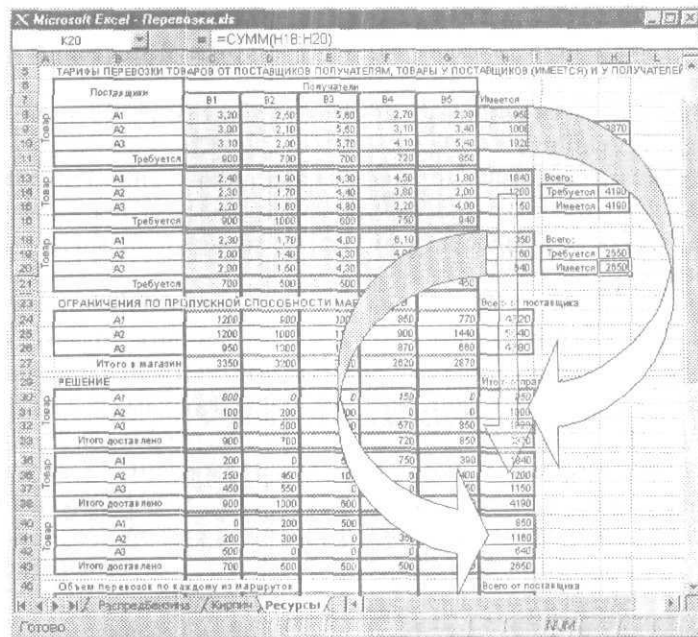


Рис. 14.61. Перевозка нескольких товаров. Ограничения по обязательному вывозу от поставщиков ровно того количества товаров, которое имеется

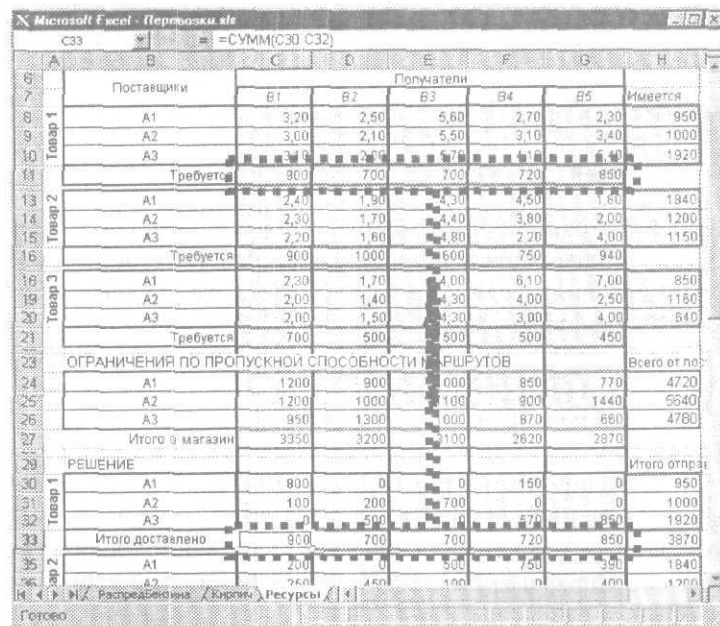


Рис. 14.62. Перевозка нескольких товаров. Ограничения по обязательному удовлетворению потребности каждого получателя в товаре «Товар 1»

Товар	А1	А2	А3	Требуется	С	Д	Е	Ф	Г	Итого
Товар 2	А1	А2	А3	Требуется	900	1000	600	750	940	
Товар 1	А1	А2	А3	Требуется	800	0	0	150	0	950
Товар 2	А1	А2	А3	Требуется	200	0	500	750	390	1840
Товар 3	А1	А2	А3	Требуется	0	200	500	150	0	850
Ограничения по пропускной способности маршрутов	А1	А2	А3	Итого в магазин	1200	1000	1000	900	850	770
Итого отпразд	А1	А2	А3	Итого доставлено	800	200	700	0	0	1000
Итого доставлено	А1	А2	А3	Итого доставлено	900	700	700	720	850	3870
Итого доставлено	А1	А2	А3	Итого доставлено	200	450	100	0	400	1200
Итого доставлено	А1	А2	А3	Итого доставлено	450	550	0	0	150	1150
Итого доставлено	А1	А2	А3	Итого доставлено	900	1000	600	750	940	4190
Итого доставлено	А1	А2	А3	Итого доставлено	0	200	500	150	0	850

Рис. 14.63. Перевозка нескольких товаров. Ограничения по обязательному удовлетворению потребности каждого получателя в товаре «Товар 2»

Товар	А1	А2	А3	Требуется	С	Д	Е	Ф	Г	Итого
Товар 3	А1	А2	А3	Требуется	900	1000	600	750	940	
Товар 1	А1	А2	А3	Требуется	800	0	0	150	0	950
Товар 2	А1	А2	А3	Требуется	200	0	500	750	390	1840
Товар 3	А1	А2	А3	Требуется	0	200	500	150	0	850
Ограничения по пропускной способности маршрутов	А1	А2	А3	Итого в магазин	1200	1000	1000	900	850	770
Итого отпразд	А1	А2	А3	Итого доставлено	800	200	700	0	0	1000
Итого доставлено	А1	А2	А3	Итого доставлено	900	700	700	720	850	3870
Итого доставлено	А1	А2	А3	Итого доставлено	200	450	100	0	400	1200
Итого доставлено	А1	А2	А3	Итого доставлено	450	550	0	0	150	1150
Итого доставлено	А1	А2	А3	Итого доставлено	900	1000	600	750	940	4190
Итого доставлено	А1	А2	А3	Итого доставлено	0	200	500	150	0	850
Итого доставлено	А1	А2	А3	Итого доставлено	200	300	0	350	310	1160
Итого доставлено	А1	А2	А3	Итого доставлено	600	0	0	0	40	640
Итого доставлено	А1	А2	А3	Итого доставлено	700	500	500	500	450	2650
Объем перевозок по каждому из маршрутов	А1	А2	А3	Итого доставлено	1000	200	1000	1050	390	3640

Рис. 14.64. Перевозка нескольких товаров. Ограничения по обязательному удовлетворению потребности каждого получателя в товаре «Товар 3»

Товар	А1	А2	А3	Итого в магазине	Итого отправки
Товар 1	800	100	0	900	950
Товар 2	200	250	450	900	1840
Товар 3	0	200	500	700	850
Итого доставлено	900	700	700	700	3970
Итого в магазине	900	2000	1800	1970	2240

Рис. 14.65. Перевозка нескольких товаров.  
Ограничения по пропускной способности маршрутов

### Поиск решения

Вызовем диалоговое окно поиска решения (рис. 14.66).

Обратите внимание на следующие нюансы:

- для изменяемых данных через точку с запятой указаны три диапазона (для трех товаров);
- ограничений достаточно много, поэтому все они не видны в списке ограничений (его необходимо «прокручивать»);
- в списке ограничений есть три ограничения по целочисленности изменяемых данных — для каждого из трех диапазонов.

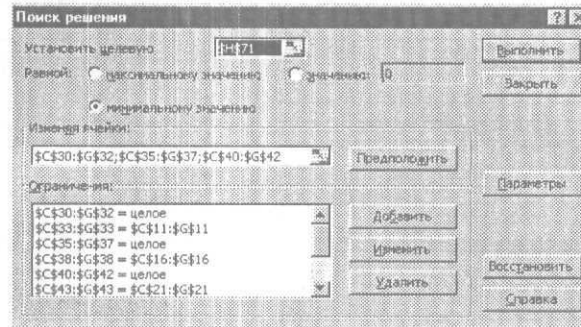


Рис. 14.66. Диалоговое окно поиска решения



Запустим расчет на выполнение. Обратите внимание, что на поиск оптимального решения времени ушло заметно больше, чем в любом из рассмотренных ранее примеров решения транспортных задач.

Оптимальное решение представлено на рис. 14.67 (найденные значения изменяемых данных, предельные и расчетные объемы перевозок) и 14.68 (итоговые суммы и целевая ячейка).

ОГРАНИЧЕНИЯ ПО ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ МАРШРУТОВ								Всего от пос
A1	1200	900	1000	850	770			4720
A2	1200	1000	1100	900	1440			5640
A3	950	1300	1000	870	660			4780
Итого в магазин	3350	3200	3100	2620	2870			

РЕШЕНИЕ								Итого отпрат
Товар 1	A1	0	0	0	200	750		950
	A2	0	0	390	520	180		1000
	A3	900	700	320	0	0		1920
	Итого доставлено	900	700	700	720	850		3870
Товар 2	A1	900	420	500	0	20		1840
	A2	0	390	100	0	710		1200
	A3	0	190	0	750	210		1150
	Итого доставлено	900	1000	600	750	940		4190
Товар 3	A1	300	50	500	0	0		850
	A2	400	380	0	380	0		1160
	A3	0	70	0	120	450		640
	Итого доставлено	700	500	500	500	450		2650

ОБЪЕМ ПЕРЕВОЗОК ПО КАЖДОМУ ИЗ МАРШРУТОВ								Всего от пос
A1	1200	470	1000	200	770			3640
A2	400	770	450	500	810			3360
A3	900	860	320	870	660			3710
Итого в магазин	2500	2200	1800	1970	2240			

Рис. 14.67. Оптимальное решение для первого варианта исходных данных — изменяемые данные, предельные и расчетные объемы перевозок

СТОИМОСТИ ПЕРЕВОЗОК - ДЛЯ КАЖДОГО ОТДЕЛЬНОГО ТОВАРА								Стоимость Z
Товар 1	A1	0	0	0	540	1725		2285
	A2	0	0	2090	1612	340		4042
	A3	2790	1400	1824	0	0		8014
	Стоим. дост. получателю	2790	1400	3914	2152	2085		12321
Товар 2	A1	2160	798	2150	0	36		5144
	A2	0	663	440	0	1420		2523
	A3	0	304	0	1650	840		2794
	Стоим. дост. получателю	2160	1765	2590	1650	2296		10461
Товар 3	A1	690	85	2000	0	0		2775
	A2	800	532	0	1520	0		2852
	A3	0	105	0	360	1800		2265
	Стоим. дост. получателю	1490	722	2000	1880	1800		7892

СТОИМОСТИ ПЕРЕВОЗОК - ДЛЯ ВСЕХ ТОВАРОВ								Стоимость Z
A1	2850	883	4150	540	1761			10184
A2	800	1195	2530	3132	1760			9417
A3	2790	1809	1824	2010	2640			11073
Стоим. дост. получателям	6440	3887	8504	5682	6161			30674

Рис. 14.68. Оптимальное решение для первого варианта исходных данных — итоговые суммы и целевая ячейка

Значение целевой ячейки при оптимальном решении равно 30 674 (при подобранном вручную решении — 35 029).

Изменим исходные данные так, как показано на рис. 14.69 (изменены тарифы, потребность в одном из товаров и его наличие, но не изменены ограничения по пропускной способности маршрутов) и не будем тратить время на ручной подбор решения — с учетом всех ограничений на поиск даже неоптимального решения, удовлетворяющего всем ограничениям, у нас может уйти до 30 мин. Сразу выполним расчет.

Поставщики		Получатели					
	B1	B2	B3	B4	B5	Имеется	
Товар 1							
A1	7,00	3,00	8,00	2,00	7,00	140	
A2	4,00	3,00	1,00	5,00	6,00	360	
A3	6,00	2,00	3,00	2,00	9,00	180	
Требуется	90	120	230	180	60		
Товар 2							
A1	2,40	1,80	4,30	4,50	1,80	1840	
A2	2,30	1,70	4,40	3,60	2,00	1200	
A3	2,20	1,60	4,60	2,20	4,00	1150	
Требуется	900	1000	600	750	940		
Товар 3							
A1	2,30	1,70	4,00	6,10	7,00	850	
A2	2,00	1,40	4,30	4,60	2,50	1180	
A3	2,00	1,50	4,30	3,00	4,00	640	
Требуется	700	500	500	500	450		
ОГРАНИЧЕНИЯ ПО ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ МАРШРУТОВ						Всего от постав	
A1	1200	900	1000	850	770	4720	
A2	1200	1000	1100	900	1440	5640	
A3	950	1300	1000	870	660	4780	
Итого в магазин	3350	3200	3100	2620	2870		

Рис. 14.69. Второй вариант исходных данных

Оптимальное решение представлено на рис. 14.70 (найденные значения изменяемых данных, предельные и расчетные объемы перевозок) и 14.71 (итоговые суммы и целевая ячейка).

ОГРАНИЧЕНИЯ ПО ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ МАРШРУТОВ							Всего от постав
A1	1200	900	1000	850	770	4720	
A2	1200	1000	1100	900	1440	5640	
A3	950	1300	1000	870	660	4780	
Итого в магазин	3350	3200	3100	2620	2870		
РЕШЕНИЕ							Итого отпраз
Товар 1							
A1	0	0	0	140	0	140	
A2	70	0	230	0	60	360	
A3	20	120	0	40	0	180	
Итого доставлено	90	120	230	180	60	680	
Товар 2							
A1	570	0	500	0	770	1840	
A2	330	600	100	0	170	1200	
A3	0	400	0	750	0	1150	
Итого доставлено	900	1000	600	750	940	4190	
Товар 3							
A1	34	265	500	0	0	850	
A2	56	234	0	420	450	1160	
A3	660	0	0	80	0	640	
Итого доставлено	700	500	500	500	450	2650	
ОБЪЕМ ПЕРЕВОЗОК ПО КАЖДОМУ ИЗ МАРШРУТОВ							Всего от постав
A1	654	265	1000	140	770	2830	
A2	456	834	330	420	680	2720	
A3	580	520	0	870	0	1970	
Итого в магазин	1690	1620	1330	1430	1450		

Рис. 14.70. Оптимальное решение для второго варианта исходных данных — изменяемые данные, предельные и расчетные объемы перевозок

	A	B	C	D	E	F	G	H
47	A2		456	834	330	420	680	2721
48	A3		560	520	0	870	0	1970
49	Итого в магазине		1690	1620	1330	1430	1450	
51	СТОИМОСТИ ПЕРЕВОЗОК - ДЛЯ КАЖДОГО ОТДЕЛЬНОГО ТОВАРА							СТОИМОСТЬ Д
52	Товар 1	A1	0	0	0	280	0	280
53		A2	280	0	230	0	360	870
54		A3	100	240	0	80	0	420
55		Стоим. дост. получателю	380	240	230	360	360	1570
57	Товар 2	A1	1368	0	2150	0	1386	4904
58		A2	758	1020	440	0	340	2558
59		A3	0	640	0	1650	0	2290
60		Стоим. дост. получателю	2127	1660	2590	1650	1726	9753
62	Товар 3	A1	193,2	452,2	2000	0	0	2645,4
63		A2	112	327,6	0	1680	1125	3244,6
64		A3	1122	0	0	240	0	1380
65		Стоим. дост. получателю	1425,2	779,8	2000	1920	1125	7250
67	СТОИМОСТИ ПЕРЕВОЗОК - ДЛЯ ВСЕХ ТОВАРОВ							СТОИМОСТЬ Д
68		A1	1561,2	452,2	4150	280	1386	7829,4
69		A2	1151	1347,6	670	1680	1525	6673,6
70		A3	1220	880	0	1970	0	4070
71		Стоим. дост. получателю	3932,2	2679,8	4820	3970	3211	15573
72								

Рис. 14.71. Оптимальное решение для второго варианта исходных данных — итоговые суммы и целевая ячейка

### Задача оптимизации перевозок нескольких взаимозаменяемых товаров (многоресурсная задача с ограничениями по пропускной возможности маршрутов)

Теперь рассмотрим задачу оптимизации перевозок нескольких взаимозаменяемых товаров. Задача в такой постановке похожа на задачу предыдущего раздела, однако имеет некоторые существенные отличия.

Взаимозаменяемость товаров означает, что организатору перевозок безразлично, какой именно (из нескольких возможных) товар и в каком количестве попадет к каждому конкретному получателю — главное, чтобы потребность каждого получателя в этом товаре (этих товарах) была удовлетворена полностью при минимальной стоимости перевозок. Конечно, должно быть выполнено ограничение по наличию каждого из товаров у каждого из поставщиков — от каждого должно быть вывезено именно столько, сколько имеется.

Какие же особенности накладывает возможность заменить один товар любым другим из нескольких ( $N$ ) доступных?

Так как получателю безразлично количество привезенного конкретного товара, а важно только удовлетворение общей потребности, то нам не требуется указывать потребность каждого получателя в каждом конкретном товаре! Нужно указать общую потребность в требуемом товаре.

Потребность может быть удовлетворена следующими способами:

- всю потребность полностью «закрывает» только один конкретный товар — остальные конкретные товары данному получателю не привозятся (количество доставленных товаров равны нулю);
- потребность «закрыта» долями (в любых пропорциях) всех доступных товаров — каждый из взаимозаменяемых товаров доставляется получателю в некотором

количестве, большем нуля. Сумма количеств конкретных товаров равна потребности получателя в этом товаре;

- потребность «закрыта» долями (в любых пропорциях) некоторых из доступных товаров – два или более (но не все!) из взаимозаменяемых товаров доставляются получателю в некотором количестве, большем нуля. Сумма количеств конкретных товаров равна потребности получателя в этом товаре. Один или более товаров вообще не доставляются получателю (количество равно 0).

Таким образом, в такой постановке задачи имеется два фактора, обуславливающих ее «многоресурсность»:

- потребность каждого из получателей указывается общей для взаимозаменяемых товаров, а не по отдельности для каждого конкретного товара;
- ограничения по пропускной способности маршрутов являются общими (суммарными) независимо от конкретного товара.

Каждый из этих факторов по отдельности не позволяет разделить  $N$ -ресурсную задачу на  $N$  одноресурсных.

### ЗАМЕЧАНИЕ

Напомним, что в предыдущем разделе мы рассматривали задачу, которая была «многоресурсной» из-за второго фактора (были заданы общие ограничения по пропускной способности маршрутов). Первый фактор там отсутствовал, так как потребности получателей были указаны отдельно для каждого конкретного товара.

Однако мы должны задать следующий вопрос: почему бы нам вместо разделения задачи на несколько более простых (мы уже поняли, что так поступить нельзя) не попробовать свести эту задачу к одноресурсной? Раз получателям все равно, какой именно товар (из взаимозаменяемых) в каком количестве им доставят, то почему мы вообще должны выделять конкретные товары?

Дело в том, что товары являются взаимозаменяемыми по качественным (эксплуатационным) характеристикам, а также, возможно, и стоят одинаково, но ТАРИФЫ на их перевозку у них РАЗНЫЕ. То есть товары А и Б абсолютно идентичны и взаимозаменяемы, но стоимость перевозки единицы товара А по конкретному маршруту равна 1,2 денежных единицы, а стоимость перевозки единицы товара Б по тому же маршруту равна 1,4 денежных единицы.

Таким образом, нам нужны отдельные таблицы тарифов для каждого из взаимозаменяемых товаров.

У нас, как и в предыдущем примере, будет три поставщика и пять получателей товара, но теперь требуется указывать потребность получателей не отдельно для каждого товара, а суммой количеств трех товаров.

Как и в предыдущем примере, здесь имеются отдельные таблицы тарифов на перевозку и сведений о наличии ДЛЯ КАЖДОГО из трех товаров.

### Структура рабочего листа

Рассматриваемая задача представлена на рабочем листе **Ресурс2**. Как и в предыдущем примере, мы решили условно выделить несколько областей данных. Мы

перечислим их «сверху вниз» (и проиллюстрируем рисунками для найденного оптимального решения; как мы уже говорили в предыдущем разделе, вручную подобрать неоптимальное решение, отвечающее всем ограничениям, довольно сложно):

- область исходных данных — здесь приведены три (для каждого товара) таблицы, содержащие сведения о тарифах перевозки единицы товара по каждому из маршрутов, а также информацию о количестве каждого товара, имеющегося у каждого из поставщиков. Потребность же поставщиков (общее количество, без деления на три товара) указана одной таблицей. Кроме этого, в этой же области находится одна таблица ограничений по пропускной способности каждого из маршрутов. Эта область (верхняя часть рабочего листа) представлена на рис.14.72;
- область изменяемых данных и подсчета объемов перевозок по каждому из маршрутов — здесь приведены три (для каждого товара) таблицы, в которые в процессе поиска решения подставляются значения объемов перевозок по каждому маршруту, а также одна таблица, в которой подсчитываются суммарные (для всех трех товаров вместе) объемы перевозок по каждому из маршрутов. Эта область (средняя часть рабочего листа) представлена на рис.14.73;
- область подсчета стоимостей перевозок — здесь приведены три (для каждого товара) таблицы, в которых подсчитывается стоимость перевозки каждого товара по каждому из маршрутов (в соответствии с объемом, который подставлен в соответствующую ячейку изменяемых данных). Здесь также находится одна таблица, в которой подсчитываются суммарные (для всех трех товаров вместе) стоимости перевозок по каждому из маршрутов, а также и общая стоимость (целевая ячейка, ее значение должно быть минимальным). Эта область (нижняя часть рабочего листа) представлена на рис.14.74.

У трех поставщиков в разных количествах имеются три взаимозаменяемых товара. Эти товары необходимо доставить пяти получателям в соответствии с общей потребностью каждого получателя в этих товарах. Составить план перевозок, обеспечивающий минимальную общую стоимость перевозок.

**ТАРИФЫ ПЕРЕВОЗКИ ТОВАРОВ ОТ ПОСТАВЩИКОВ ПОЛУЧАТЕЛЯМ, ТОВАРЫ У ПОСТАВЩИКОВ (ИМЕЕТСЯ) И У ПОЛУЧАТЕЛЕЙ**

Поставщики	Получатели					Имеется	Всего:	
	B1	B2	B3	B4	B5			
A1	3,20	2,50	5,60	2,70	2,30	960	Требуется 7880	
A2	3,00	2,10	5,50	3,10	3,40	800	Имеется 7880	
A3	3,10	2,00	5,70	4,10	5,40	920		
Товар 1	A1	2,40	1,90	4,30	4,50	1,80	1840	
	A2	2,30	1,70	4,40	3,80	2,00	560	
	A3	2,20	1,60	4,80	2,20	4,00	1150	
Товар 2	A1	2,30	1,70	4,00	3,10	7,00	850	
	A2	2,00	1,40	4,30	4,00	2,50	1,60	
	A3	2,00	1,50	4,30	3,00	4,00	840	
Товар 3	Требуется	1020	1290	900	2450	1720		
<b>ОГРАНИЧЕНИЯ ПО ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ МАРШРУТОВ</b>							Всего от поставщика	
A1	1200	900	1000	850	770	4720		
A2	1200	1300	1100	900	1440	5640		
A3	950	1300	1000	870	860	4780		
Итого получателю	3350	3200	3100	2620	2570			

Рис. 14.72. Перевозка нескольких взаимозаменяемых товаров.

Верхняя часть рабочего листа — товары, имеющиеся у поставщиков; потребность получателей в товарах; тарифы на перевозку каждого товара по каждому маршруту; ограничения по пропускной способности маршрутов

РЕШЕНИЕ							Итого отправлено
Товар 1	A1	0	0	0	850	110	960
	A2	0	51	0	730	19	800
	A3	0	920	0	0	0	920
	Итого доставлено	0	971	0	1580	129	2680
Товар 2	A1	429	701	50	0	660	1840
	A2	0	0	0	0	560	560
	A3	0	69	0	870	211	1150
	Итого доставлено	429	770	50	870	1431	3550
Товар 3	A1	0	0	850	0	0	850
	A2	0	0	0	0	160	160
	A3	591	49	0	0	0	640
	Итого доставлено	591	49	850	0	160	1650
Итого доставлено всех товаров		1020	1790	900	2450	1720	
ОБЪЕМ ПЕРЕВОЗОК ПО КАЖДОМУ ИЗ МАРШРУТОВ							Всего от поставщика
	A1	429	701	900	850	770	3650
	A2	0	51	0	730	739	1520
	A3	591	1038	0	870	211	2710
	Итого получателю	1020	1790	900	2450	1720	

**Рис. 14.73.** Перевозка нескольких взаимозаменяемых товаров.  
Средняя часть рабочего листа — изменяемые данные (объемы перевозок каждого товара по каждому маршруту) и суммарные объемы перевозок — для контроля ограничений по пропускной способности

СТОИМОСТИ ПЕРЕВОЗОК - ДЛЯ КАЖДОГО ОТДЕЛЬНОГО ТОВАРА							Стоимость доставки
Товар 1	A1	0	0	0	2295	253	2548
	A2	0	107,1	0	2263	64,6	2434,7
	A3	0	1840	0	0	0	1840
	Стоим. дост. получателю	0	1947,1	0	4558	317,6	6822,7
Товар 2	A1	1029,6	1331,9	215	0	1188	3764,5
	A2	0	0	0	0	1120	1120
	A3	0	110,4	0	1914	844	2868,4
	Стоим. дост. получателю	1029,6	1442,3	215	1914	3152	7752,9
Товар 3	A1	0	0	3400	0	0	3400
	A2	0	0	0	0	400	400
	A3	1182	73,5	0	0	0	1255,5
	Стоим. дост. получателю	1182	73,5	3400	0	400	5055,5
СТОИМОСТИ ПЕРЕВОЗОК - ДЛЯ ВСЕХ ТОВАРОВ							Стоимость доставки
	A1	1029,6	1331,9	3615	2295	1441	9712,5
	A2	0	107,1	0	2263	1684,6	3954,7
	A3	1182	2023,9	0	1914	844	5963,9
	Стоим. дост. получателям	2211,6	3462,9	3615	6472	3869,6	19631,1

**Рис. 14.74.** Перевозка нескольких взаимозаменяемых товаров.  
Нижняя часть рабочего листа — стоимости перевозок каждого товара по каждому маршруту (произведение указанного (найденного) объема перевозок конкретного товара по конкретному маршруту на стоимость перевозки этого товара по этому маршруту) и суммарные стоимости перевозок — для подсчета итоговой суммы

### Важные замечания и структура ограничений

Мы не стали повторно описывать некоторые нюансы и рекомендуем посмотреть подраздел «Важные замечания» в предыдущем разделе.

Здесь мы также не стали подробно описывать (иллюстрировать) систему ограничений — в этом примере она проще, и, зная материал предыдущего раздела, можно легко разобраться с системой ограничений этого примера.

Диалоговое окно поиска решения представлено на рис. 14.75.

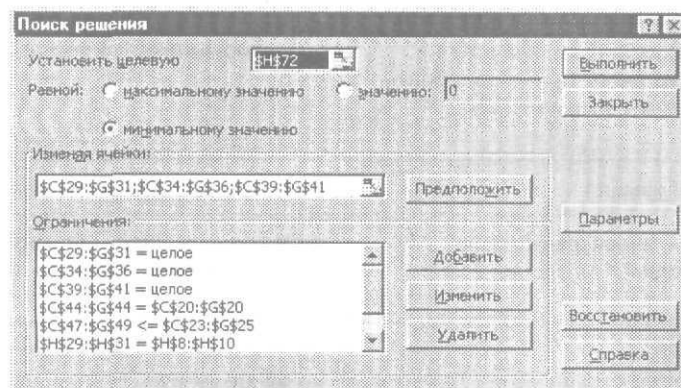


Рис. 14.75. Диалоговое окно поиска решения

## Глава 15. ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ (РАСХОДА) РЕСУРСОВ

В этой главе рассматриваются примеры, представленные в файле *Ресурсы.XLS*.

Общим признаком, по которому мы объединили эти задачи в одну главу, является то, что целевой функцией является минимизация либо стоимости ресурсов, предназначенных для выполнения некоторой производственной задачи (выпуска изделий с использованием этих ресурсов), либо какого-то количественного (весового, объемного) показателя, характеризующего эти ресурсы. Среди таких показателей может быть и такой показатель, как «ценность» ресурсов (например, перевозимых) — такие примеры рассматриваются в нескольких оптимизационных задачах, относящихся к классу так называемых «задач о рюкзаке».

Условия и ограничения во всех этих примерах очень разнообразны — каждая задача имеет свою постановку.

### Цветовое оформление рабочих листов

В примерах, рассматриваемых в этой и последующих главах, посвященных решению оптимизационных задач, на рабочих листах мы использовали цветовое оформление в соответствии с табл. 15.1.

Таблица 15.1. Цветовое оформление рабочих листов

Назначение ячейки	Цветовое оформление
Исходные данные, задающие требования и ограничения (например, стоимость и количество ресурсов). Значения этих ячеек можно изменять, задавая другие условия, требования и ограничения	Светло-желтая заливка
Изменяемые данные (значения именно этих ячеек нужно подобрать для получения оптимального решения)	Светло-зеленая заливка
Оптимизируемая ячейка	Светло-оранжевая заливка
Две группы ячеек, связанных ограничением*	Обе группы ячеек обрамлены жирной линией одного и того же цвета

\* В каждой из двух групп может быть только по одной ячейке. В этом случае жирной линией одинакового цвета будут обрамлены две ячейки (в большинстве случаев они размещены в разных местах рабочего листа, а не рядом);

Задача может иметь много ограничений, описываемых различными парными группами ячеек. В этом случае для каждой пары мы использовали отдельный цвет;

В основном мы использовали жирные обрамляющие линии темно-синего, бордового, фиолетового и других темных цветов;

Возможны ситуации, когда группа ячеек (в том числе и состоящая из одной ячейки) используется в двух и более ограничениях. В таких случаях мы обрамляем эту группу ячеек жирной линией какого-нибудь темного «непарного» цвета (на рабочем листе при этом может не быть групп ячеек, обрамленных одинаковыми линиями);

Линии черного цвета предназначены только для визуального разделения ячеек (для удобства восприятия информации). Наличие и толщина черных линий не несет никакой другой смысловой нагрузки.

В некоторых случаях (достаточно редко) мы использовали дополнительные средства выделения — другие цвета заливок ячеек, полужирный шрифт в ячейке, другой (не черный) цвет шрифта. При этом мы старались подчеркнуть какие-то дополнительные особенности информации, находящейся в соответствующих ячейках рабочего листа. Какие именно особенности — ясно из назначения соответствующих ячеек.

Кроме того, в этой главе мы достаточно часто иллюстрируем структуры рабочих листов с помощью рисунков в режиме просмотра формул. Здесь это стало удобным, так как данных на листе немного и в большинстве рассчитываемых ячеек содержатся простые (короткие) формулы.



### Оптимальные смеси материалов (на примере угля)

Задача представлена на рабочем листе **Уголь**. Для некоторого технологического процесса требуется использование угля с определенным содержанием примесей фосфора и пепла — не более некоторых указанных значений. Может быть закуплен уголь трех разных сортов (например, у трех поставщиков), однако ни один из сортов угля не соответствует требованиям по содержанию обеих примесей. Следовательно, нужно закупать уголь всех трех сортов и смешивать для получения требуемых долей примесей. Необходимо найти пропорции, в которых следует закупать уголь разных сортов. Уголь каждого сорта отличается не только долями примесей (фосфора и пепла), но и стоимостью, поэтому требуется минимизировать стоимость приобретаемого угля (целевая функция).

Здесь необходимо сделать важные уточнения.

Следует обратить внимание, что в примерах исходных данных мы постарались воспроизвести достаточно запутанные ситуации. Например, уголь сорта «А» «хорош» по содержанию фосфора, но «плох» по пеплу. Уголь другого сорта — наоборот. Возможна ситуация, когда уголь «хорош» по обеим примесям, но цена «кусается». Возможно, наоборот, плохо обстоит дело с примесями, но зато цена очень низкая.

Ограничения по содержанию примесей фосфора и пепла в финальной смеси являются неравенствами («не более»). Поэтому нам не следует стремиться к тому, чтобы в финальной смеси проценты содержания примесей равнялись заданным значениям — они могут быть и меньше.

Нет требования по обязательности закупки (хоть в каком-то, пусть минимальном объеме) угля каждого сорта. То есть оптимальное решение может предполагать, что будет закупаться уголь двух (а не трех) сортов (если это позволит сделать достаточно хитрая комбинация примесей в финальной смеси).

Кроме этого, не следует предполагать, что приобретение угля только одного сорта будет целесообразным только в том случае, если этот уголь соответствует требованиям по примесям. Если имеется следующая ситуация:

- уголь определенного сорта «хорош» по обеим примесям, причем содержание примесей меньше предельно допустимого на достаточно «заметную» величину (то есть имеется «запас на ухудшение качества»);
- цена этого угля заметно больше, чем цена угля другого сорта, качество которого хуже,

то для минимизации стоимости угля может оказаться целесообразным и возможным частичное приобретение худшего дешевого угля для смешивания с лучшим дорогим.

В общем ситуация достаточно сложная — вручную найти даже неоптимальное решение, отвечающее всем ограничениям, достаточно сложно (для тех, кто попробует заняться ручным поиском таких решений, отметим, что в ячейках B17, C17, D17, находятся формулы на основе функции =ЕСЛИ(), обеспечивающие проверку выполнения ограничений; в случае невыполнения ограничения эти формулы отображают сообщение «Ошибка!!!»).

Рабочий лист представлен на рис. 15.1.

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data:

Сорт угля	Содержание примеси фосфора, %	Содержание примеси пепла, %	Цена, \$
A	0,06	2	30
B	0,04	4	30
C	0,02	3	45

Решение:	% угля (этого типа) в смеси	Содержание примеси фосфора, % в смеси, даваемое углем этого типа	Содержание примеси пепла, % в смеси, даваемое углем этого типа	Часть стоимости, даваемая углем этого типа
A	0,0833	0,0050	0,1667	2,5000
B	0,3333	0,0133	1,3333	10,0000
C	0,5833	0,0117	1,7500	26,2500
Итого	1,0000	0,0300	3,2500	38,7500

Рис. 15.1. Рабочий лист задачи (оптимальное решение для первого варианта исходных данных)

На рис. 15.2 рабочий лист представлен в режиме просмотра формул.

The screenshot shows the same Excel spreadsheet as in Figure 15.1, but with formulas visible in the solution table:

Решение:	% угля (этого типа) в смеси	Содержание примеси фосфора, % в смеси, даваемое углем этого типа	Содержание примеси пепла, % в смеси, даваемое углем этого типа	Часть стоимости, даваемая углем этого типа
A	0,0833	=B13*C7	=B13*D7	=B13*E7
B	0,3333	=B14*C8	=B14*D8	=B14*E8
C	0,5833	=B15*C9	=B15*D9	=B15*E9
Итого	=СУММ(B13:B15)	=СУММ(C13:C15)	=СУММ(D13:D15)	=СУММ(E13:E15)
	=ЕСЛИ(B16>1;"0"	=ЕСЛИ(C16>E3;"Оши	=ЕСЛИ(D16>E4;"Ошибкa!!!";"	

Рис. 15.2. Рабочий лист в режиме просмотра формул

На рис. 15.3 представлено диалоговое окно поиска решения (у нас есть три ограничения — сумма долей угля от разных поставщиков должна быть равна единице, суммарные (от каждого угля) доли примесей не должны быть больше предельно допустимых).

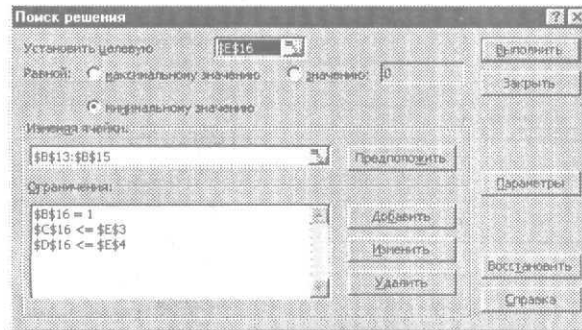


Рис. 15.3. Диалоговое окно поиска решения

Давайте посмотрим, как изменения (вроде бы незначительные) исходных данных влияют на результат.

Улучшим уголь сорта «В» по содержанию пепла — вместо 4% в ячейке D8 укажем 3,5%. Выполним расчет. Результат представлен на рис. 15.4. Как видите, в этой ситуации становится ненужным приобретать уголь сорта «А».

Microsoft Excel - Ресурсы.xls				
D8		= 3,5		
A	B	C	D	E
Фирме требуется уголь с определенным содержанием фосфора и примесью пепла. Доступны три сорта угля А, В, С. Как их следует смешать, чтобы удовлетворить ограничениям на примеси и минимизировать цену?				
3	Содержание фосфора не более	%		0,03000
4	Содержание примеси пепла не более	%		3,25000
6	Сорт угля	Содержание примеси фосфора, %	Содержание примеси пепла, %	Цена, \$
7	A	0,06	2	30
8	B	0,04	3,5	30
9	C	0,02	3	45
<b>Решение:</b>				
	% угля (этого типа) в смеси	Содержание примеси фосфора, % в смеси, даваемое углем этого типа	Содержание примеси пепла, % в смеси, даваемое углем этого типа	Часть стоимости, даваемая углем этого типа
13	A	0,0000	0,0000	0,0000
14	B	0,5000	0,0200	14,9999
15	C	0,5000	0,0100	22,5001
16	Итого	1,0000	0,0300	37,5001

Рис. 15.4. Оптимальное решение для второго варианта исходных данных

Попробуем выяснить, насколько дешевым должен стать уголь сорта «А», чтобы вновь стало целесообразным его покупать. Даже когда его цена стала равна 15,03

(вместо 30!), все равно покупать этот уголь нецелесообразно (в пропорции, обеспечивающей приемлемое количество примесей), что мы и видим на рис. 15.5.

Сорт угля	Содержание примеси фосфора, %	Содержание примеси пепла, %	Цена, \$
А	0,06	2	15,03
В	0,04	3,5	30
С	0,02	3	45

Решение:	% угля (этого типа) в смеси	Содержание примеси фосфора, % в смеси, даваемое углем этого типа	Содержание примеси пепла, % в смеси, даваемое углем этого типа	Часть стоимости, даваемая углем этого типа
А	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
В	0,5000	0,0200	1,7500	15,0000
С	0,5000	0,0100	1,5000	22,5000
Итого	1,0000	0,0300	3,2500	37,5000

Рис. 15.5. Оптимальное решение для третьего варианта исходных данных (уголь сорта «А» покупать нецелесообразно)

Только когда стоимость угля сорта «А» снизится до 14,97, станет выгодно покупать его. При этом не следует покупать уголь сорта «В» (рис. 15.6).

Сорт угля	Содержание примеси фосфора, %	Содержание примеси пепла, %	Цена, \$
А	0,06	2	14,97
В	0,04	3,5	30
С	0,02	3	45

Решение:	% угля (этого типа) в смеси	Содержание примеси фосфора, % в смеси, даваемое углем этого типа	Содержание примеси пепла, % в смеси, даваемое углем этого типа	Часть стоимости, даваемая углем этого типа
А	0,2500	0,0150	0,5000	3,7425
В	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
С	0,7500	0,0150	2,2500	33,7500
Итого	1,0000	0,0300	2,7500	37,4925

Рис. 15.6. Оптимальное решение для четвертого варианта исходных данных (уголь сорта «А» покупать целесообразно, а уголь сорта «В» — нет)

Обратите внимание на то, что разница итоговой стоимости между третьим и четвертым решением составляет всего лишь 0,0025! Вследствие этого при изменении стоимости угля сорта «А» в интервале от  $>14,97$  до  $<15,03$  поиск решения предлагает либо третье, либо четвертое решение — в зависимости от «стартовых» значений изменяемых данных (то есть поиск решения не выявляет существенную разницу в значении целевой ячейки). Так происходит несмотря на то, что мы установили достаточно жесткие параметры поиска решения (рис. 15.7).

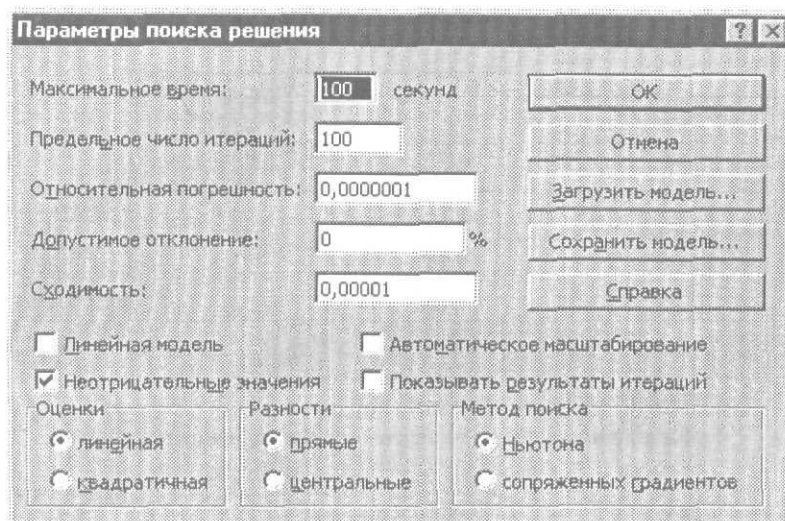


Рис. 15.7. Диалоговое окно параметров поиска решения

В целом можно отметить, что этот пример является очень интересным с точки зрения экспериментов над числами.

### Оптимальные смеси материалов с ограничениями на доступные ресурсы компонентов (на примере бензина)

Задача представлена на рабочем листе **Бензин**. Этот пример похож на предыдущий, но имеются и существенные отличия. В ситуации со смесью углей разных сортов у нас не было ограничений на доступность любого количества угля любого сорта, речь шла только о поиске приемлемой по содержанию примесей и оптимальной по стоимости смеси. При этом не было ни требования по количеству смеси, которое нужно получить, ни соответственно ограничений по доступному количеству угля каждого из сортов (можно предположить, что уголь любого сорта можно купить в любом количестве).

Здесь же мы сталкиваемся с необходимостью получения некоторого вполне определенного количества смеси при том условии, что компоненты, пригодные для смешивания, доступны в ограниченных количествах.

Рабочий лист представлен на рис. 15.8 (оптимальное решение для первого варианта исходных данных).

Требуемая смесь (параметры бензина):		Компоненты автомобильного бензина				Суммарные показатели	
Октановое число		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4		
Содержание серы	%						
Требуемое количество	тонн						
Имеющиеся ресурсы							
Себестоимость							
Решение:							
Кол-во компонента в смеси	тонн	436,00	0,00	440,00	124,00	1000	
Доля октанового числа		29,648	0	35,2	11,16	76,008	
Доля серы	%	0,13962	0	0,132	0,0248	0,29632	
Стоимость		17440	0	26400	11160	55000	

Рис. 15.8. Рабочий лист задачи  
(оптимальное решение для первого варианта исходных данных)

Структура рабочего листа состоит из трех таблиц:

- Таблица требуемых характеристик и количества необходимой смеси.
- Таблица характеристик и доступного количества четырех компонентов.
- Таблица решения — изменяемые данные о количестве каждого компонента, использованного при смешивании, и расчетные данные долей октанового числа и серы, даваемых каждым из компонентов. Нижние ячейки этой таблицы содержат расчетные стоимости каждого из компонентов. Крайние правые ячейки этой таблицы содержат рассчитываемые суммарные показатели — суммарное количество компонентов (должно быть не больше требуемого количества смеси; то есть предполагается, что при смешивании компоненты не теряются), суммарное октановое число (которое должно быть не ниже требуемого) и суммарное количество серы (которое должно быть не больше допустимого). Здесь же рассчитывается и стоимость заданного количества смеси — целевая ячейка, значение которой требуется минимизировать (правая нижняя ячейка).

Формула расчета доли октанового числа, даваемой компонентом № 1, отображается на рис. 15.8 (ячейка D20). Доли октанового числа, даваемые другими компонентами, и доли примеси серы рассчитываются аналогично.

Рассмотрим ограничения этой задачи, для чего вызовем диалоговое окно поиска решения (рис. 15.9).

Microsoft Excel - Ресурсы.xls

Формула в ячейке F21: =F\$19/\$D\$9\*F14

Требуемая смесь (параметры бензина):						
Октановое число			75,00			
Содержание серы	%		0,30			
Требуемое количество	тонн		1000			

Компоненты автомобильного бензина		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	
Октановое число		68	46	80	90	
Содержание серы	%	0,32	0,35	0,3	0,2	
Имеющиеся ресурсы	тонн	700	600	440	200	
Себестоимость		40	55	60	90	

Решение					Суммарные показ.	
Коп-во компонента в смеси	тонн	436,00	0,00	440,00	124,00	1000
Доля октанового числа		29,648	0	35,2	11,16	76,008
Доля серы	%	0,13952	0	0,132	0,0248	0,29632
Стоимость		17440	0	26400	11160	55000

**Поиск решения**

Установить целевую: \$F\$21

Метод поиска:  Нелинейный метод градиента

Изменить ячейки: \$D\$19:\$G\$19

Ограничения:

- \$D\$19:\$G\$19 <= \$D\$15:\$G\$15
- \$D\$19:\$G\$19 = целое
- \$I\$19 = \$O\$9
- \$I\$20 >= \$D\$7
- \$I\$21 <= \$D\$8

Рис. 15.9. Рабочий лист задачи и диалоговое окно поиска решения

Рассмотрим ограничения в том порядке, в котором они представлены в списке ограничений на рис. 15.9:

- первое ограничение указывает, что количество каждого из компонентов (изменяемые данные) не может быть больше, чем имеющееся количество этих компонентов;
- второе ограничение указывает, что используемое количество каждого из компонентов должно быть целым числом (кстати, вы можете удалить это ограничение и поэкспериментировать без него);
- третье ограничение указывает, что количество смеси (сумма количеств использованных компонентов) должна быть равна заданному (требуемому) количеству смеси;
- четвертое ограничение указывает, что октановое число смеси должно быть не меньше заданного (может быть больше);
- пятое ограничение указывает, что примесь серы должна быть не больше допустимого количества (может быть меньше).

Проведем несколько экспериментов: попробуем найти оптимальные решения для нескольких вариантов исходных данных.

Для начала попробуем увеличить требуемое количество смеси (ячейка D9) до 1200 (при этом имеющееся количество каждого из компонентов, как и все прочие исходные данные, останется неизменным).

Решение представлено на рис. 15.10.

Требуемая смесь (параметры бензина)		Компоненты автомобильного бензина				Суммарные по	
		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4		
7	Октановое число	76,00					
8	Содержание серы	%	0,30				
9	Требуемое количество	тонн	1200				
13	Октановое число		68	46	80	90	
14	Содержание серы	%	0,32	0,35	0,3	0,2	
15	Имеющиеся ресурсы	тонн	700	600	440	200	
16	Себестоимость		40	55	60	90	
18	Решение:						
19	Кол-во компонента в смеси	тонн	564,00	0,00	439,00	197,00	1200
20	Доля октанового числа		31,96	0	29,2666667	14,775	76,00
21	Доля серы	%	0,1504	0	0,10975	0,03293333	0,29298333
22	Стоимость		22560	0	26340	17730	66630

Рис. 15.10. Оптимальное решение для второго варианта исходных данных

Обратите внимание, что компонент № 2 по-прежнему так плох по своим характеристикам, что его не следует использовать. Кроме этого, игра цифр позволяет не полностью использовать имеющееся количество компонента № 3 (используется 439, 440 имеется), а при первом варианте исходных данных этот компонент использовался полностью (440).

Достаточно интересно увеличить требуемое количество смеси (например до 1250) и «поиграть» с характеристиками и стоимостью компонентов, обеспечивая получение оптимальных решений.

Одно из решений представлено на рис. 15.11 – обратите внимание, насколько «хорош» (по характеристикам и стоимости) компонент № 2.

Требуемая смесь (параметры бензина)		Компоненты автомобильного бензина				Суммарные по	
		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4		
7	Октановое число	76,00					
8	Содержание серы	%	0,30				
9	Требуемое количество	тонн	1250				
13	Октановое число		68	96	80	90	
14	Содержание серы	%	0,32	0,35	0,3	0,2	
15	Имеющиеся ресурсы	тонн	700	600	440	200	
16	Себестоимость		40	40	60	90	
18	Решение:						
19	Кол-во компонента в смеси	тонн	700,00	120,00	230,00	200,00	1250
20	Доля октанового числа		38,08	9,216	14,72	14,4	76,416
21	Доля серы	%	0,1792	0,0336	0,0552	0,032	0,3
22	Стоимость		28000	4800	13800	18000	64600

Рис. 15.11. Оптимальное решение для третьего варианта исходных данных



### Оптимальное соотношение числа местных и иностранных студентов, обучающихся в университете

Задача представлена на рабочем листе **Студенты**.

В этом примере необходимо найти оптимальное соотношение числа местных и иностранных студентов, обучающихся в университете. При этом предполагается, что перед университетом не стоит никакой иной задачи, кроме получения максимального дохода. Количество иностранных и местных студентов определяется следующими правилами:

- определено максимальное число студентов, которые могут одновременно учиться в университете (не более, может быть и меньше — обеспечивать полную загрузку университета не требуется);
- определено максимальное число местных студентов, которые могут одновременно учиться в университете (не более, может быть и меньше);
- число иностранных студентов не ограничено (но, напомним, ограничено общее число студентов);
- определено общее число преподавателей (не более, может потребоваться и меньше — обеспечивать полную загрузку преподавателей не требуется);
- для расчета требуемого числа преподавателей используется правило, что один конкретный преподаватель обучает либо только местных студентов, либо только иностранных студентов;
- определено максимальное число местных студентов, которое приходится на одного преподавателя;
- определено максимальное число иностранных студентов, которое приходится на одного преподавателя;
- определено максимальное число мест в общежитии (число студентов, которые могут быть жить в общежитии (не более, может быть меньше));
- определена доля студентов (от общего числа местных студентов), которые могут проживать в общежитии;
- определена доля студентов (от общего числа иностранных студентов), которые могут проживать в общежитии;
- и наконец, определены стоимости обучения одного местного и одного иностранного студента.

Рабочий лист представлен на рис. 15.12 (оптимальное решение для первого варианта исходных данных).

Microsoft Excel - Ресурсы.xls									
F19		=СУММ(D19:E19)							
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Оптимальное соотношение числа местных и иностранных студентов, обучающихся в университете								
2									
3	Общее количество студентов, не более								4000
4	Количество местных студентов, не более								3000
5	Количество преподавателей								420
6	Один преподаватель обучает только местных студентов, не более								12
7	Один преподаватель обучает только иностранных студентов, не более								11
8	Доля (от общего числа местных студентов) студентов, живущих в общежитии, не более								0,4
9	Доля (от общего числа иностранных студентов) студентов, живущих в общежитии, не более								0,8
10	Количество мест в общежитии								2840
11	Плата за обучение одного студента своей страны								2040
12	Плата за обучение одного иностранного студента								2980
14	Решение:		Студенты						
15			Местные	Иностранные	Итого				
16	Количество		900	3100	4000				
17	Требуется преподавателей		75	281,8181818	356,8181818				
18	Проживает в общежитии		360	2480	2840				
19	Плата		1836000	9238000	11074000				

Рис. 15.12. Рабочий лист задачи  
(оптимальное решение для первого варианта исходных данных)

Так как расчетных ячеек на этом листе немного (по сравнению с другими примерами), то несложно показать рабочий лист в режиме просмотра формул — рис. 15.13.

Microsoft Excel - Ресурсы.xls									
J12		=2980							
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Оптимальное соотношение числа местных и иностранных студентов, обучающихся в университете								
2									
3	Общее количество студентов, не более								4000
4	Количество местных студентов, не более								3000
5	Количество преподавателей								420
6	Один преподаватель обучает только местных студентов, не более								12
7	Один преподаватель обучает только иностранных студентов, не более								11
8	Доля (от общего числа местных студентов) студентов, живущих в общежитии, не более								0,4
9	Доля (от общего числа иностранных студентов) студентов, живущих в общежитии, не более								0,8
10	Количество мест в общежитии								2840
11	Плата за обучение одного студента своей страны								2040
12	Плата за обучение одного иностранного студента								2980
14	Решение:		Студенты						
15			Местные	Иностранные	Итого				
16	Количество		900	3100	=СУММ(D16:E16)				
17	Требуется преподавателей		=D16/J6	=E16/J7	=СУММ(D17:E17)				
18	Проживает в общежитии		=D16*J8	=E16*J9	=СУММ(D18:E18)				
19	Плата		=D16*J11	=E16*J12	=СУММ(D19:E19)				

Рис. 15.13. Рабочий лист задачи в режиме просмотра формул

Диалоговое окно поиска решения представлено на рис. 15.14.

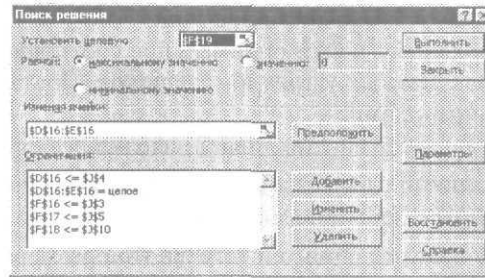


Рис. 15.14. Диалоговое окно поиска решения

Рассмотрим ограничения в том порядке, в котором они представлены в списке ограничений на рис. 15.14:

- первое ограничение указывает, что число местных студентов (изменяемая ячейка) не может быть больше определенного заданного значения;
- второе ограничение указывает, что изменяемые данные (количество местных и иностранных студентов) должны быть целыми числами;
- третье ограничение указывает, что общее число студентов не может быть больше определенного заданного значения;
- четвертое ограничение указывает, что требующееся число преподавателей не может быть больше определенного заданного значения;
- пятое ограничение указывает, что общее число студентов (и иностранных и местных) не может быть больше числа мест в общежитии.

Оптимальное решение для второго варианта исходных данных представлено на рис. 15.15.

Microsoft Excel - Ресурсы.xls			
F19 * =СУММ(D19:E19)			
A	B	C	D
1	Оптимальное соотношение числа местных и иностранных студентов, обучающихся в университете		
2			
3	Общее количество студентов, не более		
4	Количество местных студентов, не более		
5	Количество преподавателей		
6	Один преподаватель обучает только местных студентов, не более		
7	Один преподаватель обучает только иностранных студентов, не более		
8	Доля (от общего числа местных студентов) студентов, живущих в общежитии, не более		
9	Доля (от общего числа иностранных студентов) студентов, живущих в общежитии, не более		
10	Количество мест в общежитии		
11	Плата за обучение одного студента своей страны		
12	Плата за обучение одного иностранного студента		
14	Решение:		
15		Студенты	
16	Количество	Местные	Иностранные
17	Требуются преподавателей		Итого
18	Проживает в общежитии		
19	Плата		
		896	2704
		64	338
		358,4	2163,2
		2329600	8662800
			10992400

Рис. 15.15. Оптимальное решение для второго варианта исходных данных

### Минимизация суммарной стоимости закупаемых изделий

Задача представлена на рабочем листе **Закупки**.

В этом примере необходимо найти оптимальное соотношение числа изделий (трех типоразмеров), закупаемых у трех поставщиков. Постановка задачи определяется следующими правилами:

- каждый из трех поставщиков изготавливает изделия всех трех типоразмеров;
- нет существенных отличий в качестве и характеристиках изделий любых типоразмеров, изготовленных любым поставщиком;
- разница в стоимости изделий одного и того же типоразмера от разных поставщиков незначительна;
- для каждого отдельного поставщика **НЕТ** ограничения по максимальному количеству выпускаемых изделий одного типоразмера, но **ЕСТЬ** ограничение по суммарному количеству выпускаемых изделий всех трех типоразмеров.

Рабочий лист представлен на рис. 15.16 (оптимальное решение для первого варианта исходных данных).

Microsoft Excel - Ресурсы.xls					
F29     =СУММ(F26:F28)					
A	B	C	D	E	
1	Необходимо приобрести изделия трех типоразмеров. Каждый из трех поставщиков				
2	изготавливает изделия всех трех типоразмеров, причем отличий в качестве и				
3	и характеристиках изделий любых типоразмеров, изготовленных любым поставщиком, нет.				
4	Разница в стоимости незначительна. Ресурсы каждого из поставщиков ограничены - не				
5	отдельно по изделиям различных типоразмеров, а в целом на все изделия.				
7	Фирма	Стоимость одного изделия			Фирма может поставить
8		S1	S2	S3	всего изделий
9	F1	110	115	126	1000
10	F2	107	115	130	1500
11	F3	104	104	116	2500
13	Требуется	1000	1500	1200	
15	Решение:				
17	Фирма	Количество изделий			Итого от поставщика
18		S1	S2	S3	(количество)
18	F1	0	0	200	200
19	F2	1000	0	0	1000
20	F3	0	1500	1000	2500
21	Итого	1000	1500	1200	3700
23	Стоимость:				
24	Фирма	Стоимость всех изделий			Итого от поставщика
25		S1	S2	S3	(на сумму)
26	F1	0	0	25200	25200
27	F2	107000	0	0	107000
28	F3	0	156000	116000	272000
29	Итого	107000	156000	141200	404200

Рис. 15.16. Рабочий лист задачи  
(оптимальное решение для первого варианта исходных данных)

Рабочий лист в режиме просмотра формул представлен на рис. 15.17.

Фирма	Стоимость одного изделия			Фирма может поставить всего изделий
	S1	S2	S3	
F1	110	115	126	1000
F2	107	115	130	1500
F3	104	104	116	2500
Требуется	1000	1500	1200	
Решение:				
Фирма	Количество изделий			Итого от поставщика (количество)
	S1	S2	S3	
F1	0	0	200	=СУММ(B18:D18)
F2	1000	0	0	=СУММ(B19:D19)
F3	0	1500	1000	=СУММ(B20:D20)
Итого	=СУММ(B18:B20)	=СУММ(C18:C20)	=СУММ(D18:D20)	=СУММ(F18:F20)
Стоимость				
Фирма	Стоимость всех изделий			Итого от поставщика (на сумму)
	S1	S2	S3	
F1	=B9*B18	=C9*C18	=D9*D18	=СУММ(B26:D26)
F2	=B10*B19	=C10*C19	=D10*D19	=СУММ(B27:D27)
F3	=B11*B20	=C11*C20	=D11*D20	=СУММ(B28:D28)
Итого	=СУММ(B26:B28)	=СУММ(C26:C28)	=СУММ(D26:D28)	=СУММ(F26:F28)

Рис. 15.17. Рабочий лист задачи в режиме просмотра формул

Диалоговое окно поиска решения представлено на рис. 15.18.

**Поиск решения**

Установить целевую:

Результат:  максимальному значению  значению: 0

минимальному значению

Изменить ячейки:

Ограничения:

- 
- 
- 

Рис. 15.18. Диалоговое окно поиска решения

Рассмотрим ограничения в том порядке, в котором они представлены в списке ограничений на рис. 15.18:

- первое ограничение указывает, что изменяемые ячейки (количество изделий каждого типоразмера от каждого из поставщиков) должны быть целыми числами;
- второе ограничение указывает, что суммарное количество закупаемых изделий каждого типоразмера должно быть точно равно потребности;
- третье ограничение указывает, что общее количество изделий, закупаемых у каждого отдельного поставщика, не может превышать производственные возможности этого поставщика.

Оптимальное решение для второго варианта исходных данных представлено на рис. 15.19.

Фирма	Стоимость одного изделия			Фирма может поставить всего изделий
	S1	S2	S3	
F1	213	218	219	2700
F2	215	217	219	1780
F3	212	218	220	1240
Требуется	2300	1400	1820	
Решение:				
Фирма	Количество изделий			Итого от поставщика (количество)
	S1	S2	S3	
F1	1060	0	1640	2700
F2	0	1400	180	1580
F3	1240	0	0	1240
Итого	2300	1400	1820	5520
Стоимость:				
Фирма	Стоимость всех изделий			Итого от поставщика (на сумму)
	S1	S2	S3	
F1	225780	0	359160	584940
F2	0	303800	39420	343220
F3	262880	0	0	262880
Итого	488660	303800	398580	1191040

Рис. 15.19. Оптимальное решение для второго варианта исходных данных

### Два примера оптимизации использования производственных ресурсов при достижении максимальной прибыли

На рабочих листах **Изделия1** и **Изделия2** представлены два примера задач оптимизации использования производственных ресурсов (несколько видов) при достижении максимальной прибыли от реализации изделий (несколько типов).

Эти примеры довольно просты (поэтому мы не приводим подробное описание). В обоих случаях требуется найти оптимальное соотношение объемов выпуска изде-

лий трех различных типов, причем реализация изделий разных типов дает разную прибыль. Производственными ресурсами (доступные объемы которых являются ограничениями, а затраты на изготовление единицы изделия каждого вида определяют условия задачи) в первом случае являются трудозатраты (измеряемые в человеко-часах) работников трех цехов, а во втором случае — затраты времени работы станков (измеряемые в станко-часах), относящихся к четырем видам оборудования.

Примеры решения приведены на рис. 15.20 и 15.21.

Производственный участок	Затраты труда, чел.-ч			Общее время работы, чел.-ч
	A	B	C	
Лесопилка	1	2	4	360
Сборочный цех	2	4	2	520
Отделочный цех	1	1	2	220
Прибыль от продажи, \$	9	11	15	
Решение:	A	B	C	
Количество изделий	165	45	5	
Трудозатраты:				Итого
Лесопилка	165	90	20	275
Сборочный цех	330	180	10	520
Отделочный цех	165	45	10	220
Прибыль от продажи, \$	1465	495	75	2056

Рис. 15.20. Рабочий лист Изделия1

Производственный участок	Затраты времени(станко-ч) на обработку одного изделия			Общий фонд рабочего времени оборудования (ч)
	A	B	C	
Фрезерное	2	4	1	120
Токарное	1	6	6	280
Сварочное	7	4	1	240
Шлифовальное	4	6	4	360
Прибыль от продажи, \$	10	14	20	
Решение:	A	B	C	
Количество изделий	28	0	42	
Трудозатраты:				Итого
Фрезерное	56	0	42	98
Токарное	28	0	252	280
Сварочное	196	0	42	238
Шлифовальное	112	0	168	280
Прибыль от продажи, \$	280	0	840	1120

Рис. 15.21. Рабочий лист Изделия2

### Оптимизация использования производственных ресурсов при достижении максимальной прибыли в условиях требований по обязательному объему выпуска изделий

На рабочем листе **МолочныйЗавод** представлен пример решения очень интересной задачи.

Так же как и в задачах предыдущего раздела, здесь у нас есть несколько производственных ресурсов (в данном случае молоко-сырье и рабочее время оборудования). Оба этих ресурса имеют ограничения по доступности (можно получить молока-сырья не более определенного количества и можно использовать рабочее время оборудования не больше производственных лимитов). Для обоих ресурсов определены нормы расхода на изготовление единиц (т) продукции трех видов. Для продукции каждого из трех видов известна прибыль, которую получает молокозавод при реализации этой продукции. Целевой функцией, значение которой нужно максимизировать, является значение получаемой прибыли. Во всем этом нет ничего нового (по сравнению с предыдущими примерами).

Чем же интересна эта задача?

Дело в том, что завод должен выпускать продукцию одного из видов в количестве, не меньшем некоторого заданного числа. В данном случае такой продукцией является молоко.

Кроме этого, интересной является ситуация с двумя производственными ресурсами, доступными в ограниченных количествах. Ограничено доступное ежедневно количество молока (обратите внимание, что молоко является и исходным сырьем (ресурсом) и выходным продуктом (переработанное молоко)). Также ограничено количество второго ресурса — фонда рабочего времени оборудования (измеряется в часах), причем для двух продуктов (молоко и кефир) имеется общее ограничение по фонду рабочего фонда оборудования, а для сметаны — отдельное.

Рабочий лист представлен на рис. 15.22 (оптимальное решение для первого варианта исходных данных).

Тип продукции	Затраты времени по расфасовки 1 т продукции	Общий фонд рабочего времени оборудования (ч)	Прибыль от реализации 1 т продукции, у.е.	Затраты молока на производство 1 т продукции
Молоко	0,18	21,4	30	1,01
Кефир	0,19		22	1,01
Сметана	3,25		16,25	9,45

Всего завод может использовать молока, не более, т	136
Всего завод должен произвести молока, не менее, т	100

Решение:			При этом требуется молока, т	
Завод будет ежедневно производить	молока	кефира	сметаны	135,05
	115	0	2	20,70
				6,50

Целевая функция: 3722,00

Рис. 15.22. Рабочий лист **МолочныйЗавод** (оптимальное решение для первого варианта исходных данных)



В режиме просмотра формул этот рабочий лист представлен на рис. 15.23.

Microsoft Excel – Ресурсы.xls  
J19    =G7\*A17+G8\*B17+G9\*C17

Тип продукции	Затраты времени по расфасовки 1 т продукции	Общий фонд рабочего времени оборудования (ч)	Прибыль от реализации 1 т продукции, у.е	Затраты молока на производство 1 т продукции
Молоко	0,18	21,4	30	1,01
Кефир	0,19		22	1,01
Сметана	3,25	16,25	136	9,45

Решение:

Завод будет ежедневно производить	При этом требуется молока, т	=A17*B17+B17*C17*9
молока кефира сметаны	Рабочее время - молоко и кефир, ч	=A17*C7+B17*C8
115    0    2	Рабочее время - сметана, ч	=C17*C9

Целевая функция: =G7\*A17+G8\*B17+G9\*C17

Рис. 15.23. Рабочий лист **МолочныйЗавод** в режиме просмотра формул

Условия и ограничения задачи представлены на рис. 15.24.

**Поиск решения**

Установить целевую:

Равной:  максимальному значению  значению: 0

минимальному значению

Изменяя ячейки:

Ограничения:

- 
- 
- 
- 
- 

Рис. 15.24. Условия и ограничения задачи

Рассмотрим ограничения в том порядке, в каком они перечислены в диалоге поиска решения.

Первое ограничение указывает, что количество производимого ежедневно молока не должно быть меньше некоторого указанного количества.

Второе ограничение указывает, что объем выпуска каждого из трех продуктов должен быть рассчитан как целое число. Так как здесь речь идет о тоннах, то будет очень интересно посмотреть, как снятие этого ограничения повлияет на значение целевой функции (далее представлен соответствующий пример).

Третье ограничение указывает, что для производства всех трех продуктов можно использовать молока не более некоторого указанного количества.

Четвертое ограничение указывает, что рабочее время оборудования, израсходованное на производство молока и кефира, не может превышать указанного значения.

Последнее ограничение указывает, что рабочее время оборудования, израсходованное на производство сметаны, не может превышать указанного значения.

Теперь посмотрим, как изменится значение целевой функции, если мы удалим ограничение по целочисленности объемов производства продуктов. Исходные данные оставим прежними и найдем новое оптимальное решение — представлено на рис. 15.25.

Тип продукции	Затраты времени по расфасовки 1 т продукции	Общий фонд рабочего времени оборудования (ч)	Прибыль от реализации 1 т продукции, у.е.	Затраты молока на производство 1 т продукции
Молоко	0,18	21,4	30	1,01
Кефир	0,19		22	1,01
Сметана	3,25	16,25	136	9,45
Всего завод может использовать молока, не более, т			136	
Всего завод должен производить молока, не менее, т			100	
Решение:				
Завод будет ежедневно производить			При этом требуется молока, т	136,00
молока	кефира	сметаны	Рабочее время - молоко и кефир, ч	21,40
118,69	0,00	1,68	Рабочее время - сметана, ч	5,48
				Целевая функция:
				3795,81

Рис. 15.25. Оптимальное решение для первого варианта исходных данных при снятом ограничении по целочисленности изменяемых данных

Как мы видим, получаемая прибыль (значение целевой функции) увеличилась на 73 единицы. Для достижения этого результата оказалось более выгодным (по сравнению с оптимальным решением при действующем ограничении по целочисленности) производить молока почти на четыре единицы (т) больше, а сметаны — меньше на 0,32 единицы (т).

Не будем восстанавливать ограничение по целочисленности изменяемых данных, а изменим исходные данные и вновь найдем оптимальное решение. Пример представлен на рис. 15.26.

Тип продукции	Затраты времени по расфасовки 1 т продукции	Общий фонд рабочего времени оборудования (ч)	Прибыль от реализации 1 т продукции, у.е.	Затраты молока на производство 1 т продукции
Молоко	0,16	240	96	1,18
Кефир	0,18		110	1,2
Сметана	2,96	88	499,5839	5,45

Всего завод может использовать молока, не более, т	1020
Всего завод должен производить молока, не менее, т	190

Решение:						
Завод будет ежедневно производить	При этом требуется молока, т					
молока	кефира	сметаны	Рабочее время - молоко и кефир, ч	Рабочее время - сметана, ч	Целевая функция	
190,00	528,14	29,73	1020,00	125,47	88,00	91188,35

Рис. 15.26. Оптимальное решение для второго варианта исходных данных при снятом ограничении по целочисленности изменяемых данных

В последнем примере обратите внимание на точность, с которой указано значение прибыли от реализации 1 т сметаны (ячейка G19), — с точностью до десятитысячной! Попробуйте изменять это значение на десятитысячные в большую и меньшую сторону, выполняя поиск оптимальных решений, и посмотрите, как от столь незначительных изменений зависит распределение объемов выпуска продукции и значение целевой функции.

Только при этом не забывайте предварительно очищать ячейки изменяемых данных, — как мы уже говорили, надстройка **Поиск решения (Solver)** в некоторых случаях не реагирует на незначительные изменения исходных данных, считая изменяемые данные, полученные при предыдущем успешном поиске оптимального решения, оптимальными и для новых (незначительно измененных) исходных данных. Проще всего очищать значения этих ячеек стандартным способом — мышью выделить ячейки изменяемых данных и нажать клавишу **Del**.

#### ПРИМЕЧАНИЕ

Данный пример интересен также тем, что в нем демонстрируется возможность работы надстройки с данными, находящимися в объединенных (сдвоенных, «строенных» и т. п.) ячейках (здесь это, например, все исходные данные в верхней таблице).

Несмотря на это, мы не рекомендуем использовать объединенные ячейки для размещения данных или формул.

### «Задача о рюкзаке»: оптимизация загрузки транспортных средств грузами с различными весовыми, объемными, стоимостными и прочими характеристиками

В классических трудах по теории оптимизационного моделирования достаточно часто выделяется отдельный класс задач, которым присвоено условное обозначение «задачи о рюкзаке».

Такое обозначение возникло из «классической» постановки задачи: турист собирается в поход и планирует взять с собой некоторое количество предметов (грузов) с различной степенью «полезности». Под «полезностью» конкретного предмета понимается совокупность его характеристик, определяющих эффективность использования этого предмета в походе.

Для каждого предмета известны его вес и объем (который предмет займет в рюкзаке).

Конечно, имеются и ограничения: выносливость туриста (какой вес он может нести) и размер (объем) рюкзака.

Естественно, что общий вес всех предметов, которые целесообразно взять в поход, превышает «грузоподъемность» туриста, а общий объем предметов превышает объем рюкзака.

Поэтому требуется подобрать такую комбинацию предметов, чтобы их суммарная «полезность» была максимальной при выполнении ограничений по весу и объему.

Очевидно, что обобщенная постановка задачи подразумевает самые различные транспортные средства (в этом качестве мы уже рассмотрели туриста, а могут быть грузовики, корабли, самолеты и прочее).

Могут рассматриваться самые различные характеристики грузов — вес, объем и стоимость наиболее очевидны.

Первый (простой) пример такой задачи представлен на рабочем листе **ЗадачаОРюкзаке** (рис. 15.27).

Microsoft Excel - Ресурсы.xls							
		=СУММ(J4:J7)					
	A	B	C	D	E	F	G
1	В самолет требуется погрузить 4 вида предметов, чтобы эффект от этих предметов был максимальным.						
2							
3	Грузоподъемность самолета	w		83	предмет	кол-во	вес
4	Вес 1 предмета	P1		24	X1	0	0
5	Вес 2 предмета	P2		10	X2	2	20
6	Вес 3 предмета	P3		16	X3	0	0
7	Вес 4 предмета	P4		4,5	X4	14	63
8	Эффективность 1 предмета	v1		96	Итого		83
9	Эффективность 2 предмета	v2		65			730
10	Эффективность 3 предмета	v3		50			
11	Эффективность 4 предмета	v4		40			

Рис. 15.27. Рабочий лист **ЗадачаОРюкзаке**  
(оптимальное решение для первого варианта исходных данных)

Как видите, здесь речь идет о погрузке грузов четырех видов в самолет. Пример является довольно простым, так как есть только два ограничения — по общему весу груза и по целочисленности количеств предметов. В качестве критерия целесообразности загрузки предмета конкретного вида используется показатель под названием «эффективность» (измеряемый в некоторых единицах (баллах)).

Условия и ограничения задачи представлены на рис. 15.28 (мы не будем рассматривать ограничения, так как они очень просты).

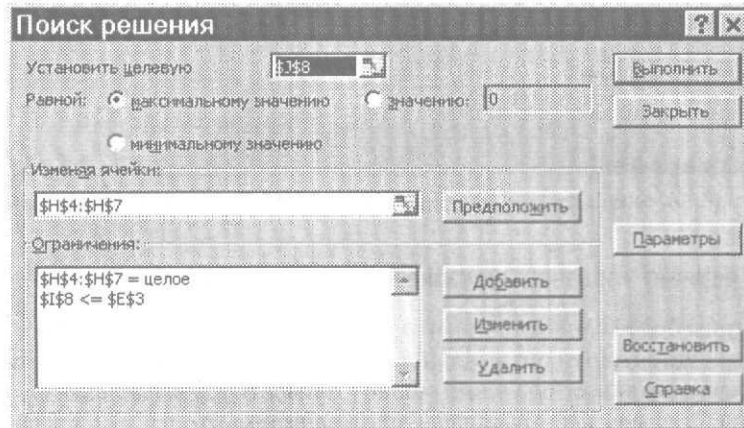


Рис. 15.28. Условия и ограничения задачи

Несмотря на простоту, «игра цифр» в этой задаче достаточно тонкая — далее (на рис. 15.29 и 15.30) представлены два примера, в которых мы изменяли только одну ячейку (E8) исходных данных (эффективность одного предмета первого типа). Сравните (в том числе и с первым примером), как изменяется количество предметов (различных типов), загружаемых в самолет, и значение целевой функции.

Microsoft Excel - Ресурсы.xls							
E8		= 216					
A	B	C	D	E	F	G	H
1 В самолет требуется погрузить 4 вида предметов, чтобы эффект от этих предметов был максимальным.							
3	Грузоподъемность самолета	w	83	предмет	кол-во	вес	эффект
4	Вес 1 предмета	P1	24	X1	1	24	216
5	Вес 2 предмета	P2	10	X2	0	0	0
6	Вес 3 предмета	P3	16	X3	0	0	0
7	Вес 4 предмета	P4	4,5	X4	13	58,5	520
8	Эффективность 1 предмета	v1	216	Итого		82,5	736
9	Эффективность 2 предмета	v2	85				
10	Эффективность 3 предмета	v3	50				
11	Эффективность 4 предмета	v4	40				

Рис. 15.29. Оптимальное решение для второго варианта исходных данных

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	В самолет требуется погрузить 4 вида предметов, чтобы эффект от этих предметов был максимальным.											
2												
3	Грузоподъемность самолета	w		83	предмет	кол-во	вес	эффект				
4	Вес 1 предмета	P1		24	X1	3	72	660				
5	Вес 2 предмета	P2		10	X2	1	10	85				
6	Вес 3 предмета	P3		16	X3	0	0	0				
7	Вес 4 предмета	P4		4,5	X4	0	0	0				
8	Эффективность 1 предмета	v1		220		Итого	82	745				
9	Эффективность 2 предмета	v2		85								
10	Эффективность 3 предмета	v3		50								
11	Эффективность 4 предмета	v4		40								

Рис. 15.30. Оптимальное решение для третьего варианта исходных данных

### Второй вариант «задачи о рюкзаке»

Рассмотрим более сложный пример «задачи о рюкзаке».

Также требуется найти оптимальное сочетание грузов различных типов для достижения максимального значения общей стоимости груза (целевая функция). По сравнению с предыдущей эта задача усложнена тем, что груз описывается тремя характеристиками — стоимостью, весом и объемом и у нас есть два (а не одно) ограничения — по весу и по объему.

Пример задачи представлен на рабочем листе **ПеревозГруза** (рис. 15.31).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Пароход может быть использован для перевозки 11 наименований груза. Определить, сколько													
2	единиц каждого груза следует поместить на пароход так, чтобы общая стоимость													
3	размещенного груза была максимальной.													
4														
5	Общая масса груза, которая может быть погружена на пароход	t												1000
6	Общий объем груза, который может быть погружен на пароход	м³												440
7	Параметры единицы	Номер груза												
8	груза	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
9	Масса (т)	72	62	92	80	90	60	81	83	84	65	83		
10	Объем (м³)	80	90	40	38	120	80	114	60	92	80	86		
11	Цена (тыс. у.е.)	4,4	2,7	3,2	2,96	2,7	2,8	3,3	3,5	4,7	3,9	4		
12														
13														
14	Решение:													
15		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Итого	
16	кол-во единиц груза	0,0	0,0	9,5	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
17	масса	0	0	870,3	129,7	0	0	0	0	0	0	0	0	1000
18	объем	0	0	378,4	61,62	0	0	0	0	0	0	0	0	440
19	стоимость	0	0	30,27	4,8	0	0	0	0	0	0	0	0	35,07

Рис. 15.31. Рабочий лист **ПеревозГруза**  
(оптимальное решение для первого варианта исходных данных)

Условия и ограничения задачи представлены на рис. 15.32 (мы не будем рассматривать ограничения, так как они очень просты, обратите только внимание, что нет ограничения по целочисленности количества грузов — то есть грузы являются «мерными» — уголь, цемент, песок и т. п.).

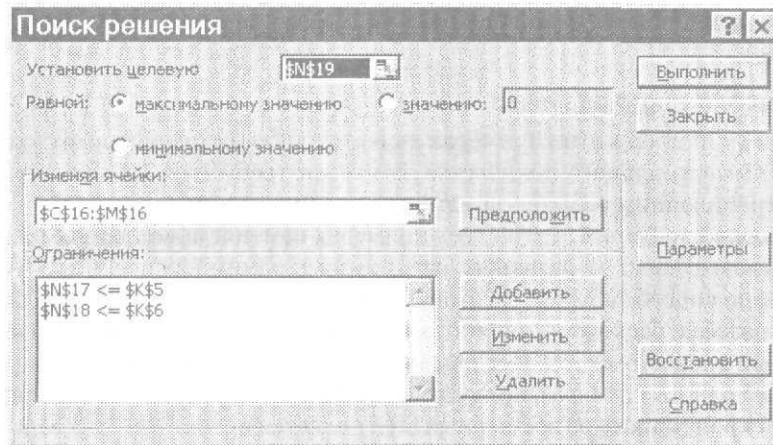


Рис. 15.32. Условия и ограничения задачи

Пример оптимального решения для второго варианта исходных данных представлен на рис. 15.33. Обратите внимание, что из исходных данных изменено только значение объема грузов, которые могут быть погружены на корабль (ячейка К6).

Microsoft Excel - Ресурсы.xls														
К6 = 500														
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Пароход может быть использован для перевозки 11 наименований груза. Определить, сколько													
2	единиц каждого груза следует поместить на пароход так, чтобы общая стоимость													
3	размещенного груза была максимальной.													
5	Общая масса груза, которая может быть погружена на пароход										т	1000		
6	Общий объем груза, который может быть погружен на пароход										м³	500		
8	Параметры единицы											Номер груза		
9	груза	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
10	Масса (т)	72	62	92	80	90	60	81	83	84	65	83		
11	Объем (м³)	80	90	40	38	120	80	114	60	92	80	86		
12	Цена (тыс. у.е.)	4,4	2,7	3,2	2,96	2,7	2,8	3,3	3,5	4,7	3,9	4		
14	Решение													
15		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Итого	
16	кол-во единиц груза	0,5	0,0	0,0	12,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
17	масса	39,301	0	0	960,7	0	0	0	0	0	0	0	1000	
18	объем	43,668	0	0	456,3	0	0	0	0	0	0	0	500	
19	стоимость	2,4017	0	0	35,55	0	0	0	0	0	0	0	37,95	

Рис. 15.33. Оптимальное решение для второго варианта исходных данных

## Глава 16. ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ РАСКРОЯ МАТЕРИАЛОВ

В этой главе рассматриваются примеры, представленные в файле **Раскрой.XLS**.

Во всех примерах предметом решения является оптимизация раскроя мерных материалов. Мерными материалами в этих примерах являются:

- металлические листы (а могут быть и полотна/рулоны ткани, листы фанеры и прочее);
- металлические прутки, уголки.

Целевой функцией в этих примерах является либо минимизация отходов, либо получение максимального количества заготовок требуемых (различных) размеров при ограниченном количестве единиц исходного материала.

Очень важно понимать, что во всех примерах изменяемыми данными является количество заготовок, разрезанных/раскrojенных одним из способов —  $N$  заготовок разрезано способом №1,  $K$  заготовок разрезано способом №2 и т. п. Собственно способ разреза/раскроя не является оптимизируемым — это делается вручную! Конкретный способ раскроя дает нам количество заготовок различных размеров (или только одного размера), получаемых этим способом. Получение очередного способа раскроя (одного из возможных) НЕ является предметом этих задач. Именно поэтому во всех этих задачах сравнительно мало исходных данных (ячеек, имеющих бледно-желтый цвет фона) — в основном это только требуемые количества заготовок конкретных типоразмеров.

Постановки задач, рассматриваемых в этой главе, заметно различаются. Например, в первой задаче отсутствует ограничение на количество ресурса (раскраиваемых металлических листов) — требуется только минимизировать количество получаемых отходов (при этом во внимание не принимается тот факт, что детали некоторых типоразмеров «нарезаются» в количествах, существенно превышающих требуемые; но так как эти заготовки не являются отходами, то это превышение никак не влияет на оптимальность полученного решения). В нескольких последующих задачах (являющихся вариантами первой) имеются ограничения на количество единиц металлического листа. Эти ограничения являются либо прямыми (указано максимально возможное количество единиц), либо косвенными — есть ограничение на максимальное количество «лишних» заготовок (нарезаемых сверх требуемого количества) — это ограничение «не меньше, но и не больше». Имеются задачи и в других постановках.

### Раскрой металлического листа по длине

В этом разделе представлено несколько похожих задач. Как вы увидите далее, рабочие листы **ЛистПоДлине1...ЛистПоДлине6** очень похожи.

Мы разделили задачи на разные листы по двум причинам:

- в почти идентичных постановках задач (одинаковые исходные и изменяемые данные, одинаковые ограничения) оптимизируются разные параметры (разные целевые ячейки);
- постановки задач немного различаются.



Во всех решениях мы специально использовали одинаковые исходные данные, чтобы читателям было легко сравнивать полученные решения. Однако целевые ячейки и ограничения — разные.

Перед тем как непосредственно приступить к рассмотрению примеров, мы хотели бы особо подчеркнуть, что интересные нюансы при решении этих задач возникают в основном из-за неоднозначной трактовки вопроса, являются ли «лишние» (изготовленные сверх требуемого количества) заготовки отходами или нет — вполне можно представить как ситуацию, когда «лишние» заготовки вообще не нужны (являются отходами), так и ситуацию, когда они могут быть использованы в последующем. Именно из-за этой неоднозначности и проявляются очень интересные нюансы в получаемых оптимальных решениях.

### Структура рабочих листов

Структуры рабочих листов **ЛистПоДлине1..ЛистПоДлине5** идентичны — задачи на этих листах отличаются ограничениями и целевыми ячейками, но не структурами.

Внешний вид рабочего листа представлен на рис. 16.1.

Из рис. 16.2 видны зависимости между ячейками в таблицах (промежуточных и итоговых), размещенных на листе. Во всех ячейках, для которых на этом рисунке стрелками указаны влияющие ячейки, находятся формулы «влияющая ячейка умножить на влияющую ячейку».

Длина заготовки, см	Кол-во заготовок, шт	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Треб. кол-во заготовок, шт	Общая длина, см	Длина листа, см
45	4	2	2	2	2	1	1	1	1	0	0	0	0	900	40500	184
50	0	1	0	0	0	2	0	1	1	3	2	1	0	400	20000	
65	0	0	1	0	0	0	2	1	0	0	1	2	1	200	13000	
85	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	900	76500	
														Итого:	150000	

Полное использование части листа длиной, см	45	50	65	85	45	45	45	45	0	0	0	0	0
45	180	90	90	90	45	45	45	45	0	0	0	0	0
50	0	50	0	0	100	0	50	50	150	100	50	0	0
65	0	0	65	0	0	130	65	0	0	65	130	65	0
85	0	0	0	85	0	0	0	0	85	0	0	0	85
Итого	180	140	165	175	145	175	160	190	150	165	180	150	

Решение	Номер способа раскроя												Всего	Лишняя заготовки		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		шт	см	
Количество листов, раскроенных этим способом	0	0	0	167	0	0	0	0	567	0	0	17	167	918		
Количество полученных заготовок														Итого		
45	0	0	0	334	0	0	0	0	567	0	0	0	0	901	1	45
50	0	0	0	0	0	0	0	0	567	0	0	17	0	684	184	9200
65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34	167	201	1	65
85	0	0	0	167	0	0	0	0	567	0	0	0	167	901	1	85
Общие отходы (от числа листов, раскроенных каждым из способов), см														Итого		
	0	0	0	1503	0	0	0	0	2268	0	0	68	5676	9519		

Длины и соотношения (% от общей длины израсходованных листов)	см	%
Общая длина всех израсходованных листов	168912,00	100,00
Общая длина всех требуемых заготовок	150000,00	86,80
Общая длина всех "лишних" заготовок	9395,00	5,56
Общая длина всех отходов	9517,00	5,63
Общая длина всех "лишних" заготовок и отходов	18912,00	11,20

Рис. 16.1. Внешний вид рабочего листа (решение, выбранное вручную)

The screenshot shows an Excel spreadsheet titled "Microsoft Excel - Раскрой.xls". The main data table (rows 6-12) lists sheet lengths (45, 50, 65, 85 cm) and the number of sheets cut using 12 different methods. Summary statistics (rows 13-15) show total required sheets (900), total length (40500 cm), and total waste (164 cm). A detailed waste breakdown (rows 16-19) shows waste per method. The solution table (rows 21-24) shows the number of sheets cut by method (1-12) and the total count (918). Summary statistics (rows 25-30) show total waste (9395 cm) and total length of waste (18912 cm). A table (rows 31-33) shows the percentage of total length used for sheets (100%) and waste (5.63%).

Рис. 16.2. Структура рабочего листа

Мы решили сначала показать (рис. 16.1) решение, которое нам удалось найти вручную. Здесь минимизируется общая длина отходов («лишние» заготовки отходами не считаются) — целевая ячейка N31 (условия и ограничения представлены на рис. 16.3).

Это решение представляет собой компромисс между требованием по минимизации общей длины отходов и пожеланием (не формализованным в виде требования) по уменьшению числа израсходованных листов — здесь их требуется 918.

Далее представлено очень интересное сравнение этого решения с решениями 2 и 3 (находящимися соответственно на рабочих листах ЛистПоДлине2 и ЛистПоДлине3).

The screenshot shows the "Поиск решения" (Solver) dialog box. The target cell is set to \$N\$31. The variable cells are \$B\$24:\$M\$24. The constraints are: \$B\$24:\$M\$24 = целое and \$N\$26:\$N\$29 >= \$N\$8:\$N\$11. The dialog box also includes buttons for "Выполнить", "Закрыть", "Параметры", "Восстановить", and "Справка".

Рис. 16.3. Условия и ограничения для решений № 1 и 2



**Оптимальное решение для тех же исходных данных и ограничений  
(минимизация количества израсходованных листов)**

На рабочем листе **ЛистПоДлине3** (рис. 16.5) представлено решение, найденное с помощью надстройки **Поиск решения** для тех же исходных данных и ограничений, что и для предыдущих решений, однако теперь мы стремимся минимизировать не количество отходов, а количество израсходованных листов (целевая ячейка, для которой нужно найти минимальное значение, — N24, а не N31).

Microsoft Excel - Раскрой.xls															
N24      =СУММ(B24:M24)															
1 Из листового проката нужно выкроить заготовки четырех видов. Один лист длиной 184 см можно разрезать															
2 на заготовки длиной 45 см, 50 см, 65 см и 85 см. Способы разреза одного листа на заготовки и величина отходов															
3 при каждом способе приведены в таблице. Определить, какое количество листов по каждому из способов следует															
4 разрезать, чтобы получить нужное количество заготовок данного вида при минимальных общих отходах.															
Длина заготовки, см	Кол-во заготовок, выкраиваемых из одного листа при разрезе способом №												Треб. кол-во заготовок, шт	Общая длина, см	Длина листа, см
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
45	4	2	2	2	1	1	1	1	0	0	0	0	900	40500	184
50	0	1	0	0	2	0	1	1	3	2	1	0	400	20000	
65	0	0	1	0	0	2	1	0	0	1	2	1	200	13000	
85	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	900	76500	
													<b>Итого:</b>	<b>150000</b>	
13 Полезное использование части листа длиной ... см															
45	180	90	90	90	45	45	45	45	0	0	0	0			
50	0	60	0	0	100	0	50	50	150	100	50	0			
65	0	0	85	0	0	130	65	0	0	65	130	65			
85	0	0	0	85	0	0	0	85	0	0	0	85			
<b>Итого:</b>	<b>180</b>	<b>140</b>	<b>155</b>	<b>175</b>	<b>145</b>	<b>175</b>	<b>160</b>	<b>180</b>	<b>150</b>	<b>165</b>	<b>180</b>	<b>150</b>			
<b>Отходы, см</b>	<b>4</b>	<b>44</b>	<b>29</b>	<b>9</b>	<b>39</b>	<b>9</b>	<b>24</b>	<b>4</b>	<b>34</b>	<b>19</b>	<b>4</b>	<b>34</b>			
21 Решение:      Номер способа раскроя															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
23 Количество листов, раскроенных этим способом													Всего	Лишние заготовки	
24													900	шт	см
25 Количество полученных заготовок													<b>Итого:</b>		
45	0	0	0	400	0	0	0	500	0	0	0	0	900	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0	500	0	0	0	0	500	100	5000
65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200	200	0	0
85	0	0	0	200	0	0	0	500	0	0	0	200	900	0	0
30 Общие отходы (от числа листов, раскроенных каждым из способов), см													<b>Итого:</b>	<b>Итого: 5000</b>	
31													6800		
32 Длины и соотношения (% от общей длины израсходованных листов)													см	%	
34													165600,00	100,00	
35													150000,00	90,58	
36													5000,00	3,02	
37													10600,00	6,40	
38													15600,00	9,42	

**Рис. 16.5.** Оптимальное решение — минимизация количества израсходованных листов

Здесь же следует обратить внимание на довольно интересную «игру цифр» в таких задачах. При некоторых комбинациях исходных данных поиск оптимального решения оказывается совершенно нечувствительным к существенным изменениям исходных данных. В данном случае, если, например, мы уменьшим требуемое количество заготовок длиной 45 см до 850 шт. (вместо 900), то нам все равно потребуется 900 листов — только количество «лишних» заготовок длиной 45 см увеличится. Это объясняется тем, что эти заготовки, являясь самыми короткими, оказывают наименьшее воздействие на оптимизацию раскроя.

Мы рекомендуем вам самостоятельно поэкспериментировать с исходными данными на этом листе (показательнее всего — уменьшая требуемые количества заготовок одного или нескольких типоразмеров) и посмотреть, какие решения вы будете получать.

### Сравнение решений

Для того чтобы нам было легче сравнивать решения, полученные на рабочих листах *ЛистПоДлине1..ЛистПоДлине3*, мы специально добавили в файл *Раскрой.XLS* рабочий лист *СравнРеш1\_3* (рис. 16.6).

Этот лист является последним в рабочей книге. В ячейках этого рабочего листа установлены ссылки на соответствующие ячейки рабочих листов *ЛистПоДлине1..ЛистПоДлине3*.

Решение	1	2	3
Всего израсходовано листов	918	1000	900
Общая длина отходов, см	9517	4000	10600
Доля отходов от общей длины листов, %	5,63	2,17	6,40
Общая длина отходов и "лишних" заготовок, см	18912,00	34000,00	15600,00
Доля отходов и "лишних" заготовок от общей длины листов, %	11,20	18,48	9,42

Рис. 16.6. Оптимальное решение — минимизация количества израсходованных листов

Конечно, сравнивать решения можно только при одних и тех же исходных данных — требуемых количествах заготовок различных типоразмеров.

Итак, какое же решение является оптимальным? Во втором решении очень мала доля отходов, но требуется очень много листов. В третьем решении — наоборот. Выбор зависит от того, можно ли в дальнейшем использовать «лишние» заготовки, и соответственно от краткосрочных и среднесрочных целей оптимизации.

### Оптимальное решение для тех же исходных данных и ограничений (минимизация ДОЛИ отходов)

Мы подготовили рабочий лист *ЛистПоДлине4* (рис. 16.7) для того, чтобы продемонстрировать, что минимизация доли некоторого параметра аналогична минимизации абсолютного количества этого параметра.

На этом рабочем листе мы минимизируем значение доли отходов (ячейка *О37*) и получаем решение, аналогичное решению на листе *ЛистПоДлине2* (конечно, исходные данные должны быть одинаковы).

Microsoft Excel - Раскрой.xls																
o37     =N37/\$N\$34*100																
A B C D E F G H I J K L M N O P Q																
1	Из листового проката нужно выкроить заготовки четырех видов. Один лист длиной 184 см можно разрезать															
2	на заготовки длиной 45 см, 50 см, 65 см и 85 см. Способы разреза одного листа на заготовки и величина отходов															
3	при каждом способе приведены в таблице. Определить, какое количество листов по каждому из способов следует															
4	разрезать, чтобы получить нужное количество заготовок данного вида при минимальных общих отходах.															
5	Длина заготовки, см	Кол-во заготовок, выкраиваемых из одного листа при разрезе способом №											Треб. кол-во заготовок, шт	Общая длина, см	Длина листа, см	
6		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
7	45	4	2	2	2	1	1	1	1	0	0	0	0	900	40500	184
8	50	0	1	0	0	2	0	1	1	3	2	1	0	400	20000	
9	65	0	0	1	0	0	2	1	0	0	1	2	1	200	13000	
10	85	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	900	76500	
11														Итого:	150000	
12	Полезное использование части листа длиной ... см															
13	45	180	90	90	90	45	45	45	45	0	0	0	0			
14	50	0	50	0	0	100	0	50	50	150	100	50	0			
15	65	0	0	65	0	0	130	65	0	0	65	130	65			
16	85	0	0	0	85	0	0	0	85	0	0	0	85			
17	Итого	180	140	155	175	145	175	160	180	150	165	180	150			
18	Отходы, см	4	44	29	9	39	9	24	4	34	19	4	34			
19	Решение:     Номер способа раскроя															
20		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
21	Количество листов, раскроенных этим способом													Всего	Лишние заготовки	
22		0	0	0	0	0	0	0	900	0	0	101	0	1001	шт	см
23	Количество полученных заготовок													Итого		
24	45	0	0	0	0	0	0	0	900	0	0	0	0	900	0	0
25	50	0	0	0	0	0	0	0	900	0	0	101	0	1001	601	30050
26	65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	202	0	202	2	130
27	85	0	0	0	0	0	0	0	900	0	0	0	0	900	0	0
28	Общие отходы (от числа листов, раскроенных каждым из способов), см													Итого	Итого: 30180	
29		0	0	0	0	0	0	0	3600	0	0	404	0	4004		
30	Длины и соотношения (% от общей длины израсходованных листов)													см	%	
31	Общая длина всех израсходованных листов													184184,00	100,00	
32	Общая длина всех требуемых заготовок													150000,00	81,44	
33	Общая длина всех "лишних" заготовок													30180,00	16,39	
34	Общая длина всех отходов													4004,00	2,17391	
35	Общая длина всех "лишних" заготовок и отходов													34184,00	18,56	

Рис. 16.7. Оптимальное решение — минимизация доли всех отходов

### Оптимальное решение для тех же исходных данных и ограничений (минимизация общей длины отходов и «лишних» заготовок)

Мы подготовили рабочий лист **ЛистПоДлине5** (рис. 16.8) для того, чтобы продемонстрировать, что оптимизация некоторого (первого) параметра, связанного прямой математической зависимостью с другим (вторым) параметром, обеспечивает решение, аналогичное оптимизации второго параметра. На этом листе мы минимизируем общую длину отходов и «лишних» заготовок (ячейка N39) и получаем решение, аналогичное решению представленному на рабочем листе **ЛистПоДлине3**, на котором мы минимизировали общее количество израсходованных листов.

Очевидно, что общее количество листов и длина остатков после раскроя (отходов и «лишних» деталей) связаны прямой математической зависимостью, поэтому и получаются одинаковые решения.

Microsoft Excel - Раскрой.xls																
N39 =N36+N37																
1 Из листового проката нужно выкроить заготовки четырех видов. Один лист длиной 184 см можно разрезать																
2 на заготовки длиной 45 см, 50 см, 65 см и 85 см. Способы разреза одного листа на заготовки и величина отходов																
3 при каждом способе приведены в таблице. Определить, какое количество листов по каждому из способов следует																
4 разрезать, чтобы получить нужное количество заготовок данного вида при минимальных общих отходах.																
6	Длина заготовки, см	Кол-во заготовок, выкраиваемых из одного листа при разрезе способом №												Треб. кол-во заготовок, шт	Общая длина, см	Длина листа, см
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
8	45	4	2	2	2	1	1	1	1	0	0	0	0	900	40500	184
9	50	0	1	0	0	2	0	1	1	3	2	1	0	400	20000	
10	65	0	0	1	0	0	2	1	0	0	1	2	1	200	13000	
11	85	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	900	76500	
12														Итого:	150000	
13	Полезное использование части листа длиной ..., см															
14	45	180	90	90	90	45	45	45	45	0	0	0	0			
15	50	0	50	0	0	100	0	50	50	150	100	50	0			
16	65	0	0	65	0	0	130	65	0	0	65	130	65			
17	85	0	0	0	85	0	0	0	85	0	0	0	85			
18	Итого	180	140	155	175	145	175	160	180	150	165	180	150			
19	Отходы, см	4	44	29	9	39	9	24	4	34	19	4	34			
21	Решение: Номер способа раскроя															
22		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
23		Количество листов, раскrojенных этим способом												Всего	Лишние заготовки	
24		0	0	0	200	0	0	0	500	0	0	0	200	900	шт	см
25		Количество полученных заготовок												Итого		
26	45	0	0	0	400	0	0	0	500	0	0	0	0	900	0	0
27	50	0	0	0	0	0	0	0	500	0	0	0	0	500	100	5000
28	65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200	0	200	0	0
29	65	0	0	0	200	0	0	0	500	0	0	0	200	900	0	0
30	Общие отходы (от числа листов, раскrojенных каждым из способов), см												Итого	Итого		
31		0	0	0	1800	0	0	0	2000	0	0	0	6800	10600	5000	
33	Длины и соотношения (% от общей длины израсходованных листов)												см	%		
34	Общая длина всех израсходованных листов												165600,00	100,00		
35	Общая длина всех требуемых заготовок												150000,00	90,58		
36	Общая длина всех "лишних" заготовок												5000,00	3,02		
37	Общая длина всех отходов												10600,00	6,40		
39	Общая длина всех "лишних" заготовок и отходов												15600,00	9,42		

Рис. 16.8. Оптимальное решение — минимизация общей длины доли всех отходов

### Вариант с ограничением числа «лишних» заготовок

Очевидно, что понятие «лишние» заготовки может трактоваться и как «бесплезные» заготовки (которым не будет найдено применение (станут отходами)), и как «возможно полезные» заготовки (которые будут использованы в дальнейшем).

Проблема «лишних» заготовок имеет две стороны.

С одной стороны, в задачах раскроя материалов в подавляющем большинстве случаев невозможно получить оптимальное решение с нулевым количеством «лишних» заготовок каждого из типоразмеров. Именно поэтому нельзя задавать ограничение по требуемым количествам заготовок «ТОЧНО РАВНО» — ведь при этом подавляющем большинстве случаев оптимальное решение получить невозможно (чтобы количество полученных заготовок каждого типоразмера точно совпало с требуемым количеством, при минимизации отходов или исходного материала). Именно поэтому условия ограничений по требуемому количеству заготовок следует задавать как «НЕ МЕНЕЕ».

С другой стороны, при такой постановке задачи мы попадаем в ситуацию, представленную на рабочем листе **ЛистПоДлине2**. Здесь оптимальным оказывается решение, которое из соображений минимизации доли или длины отходов рекомендует раскроить очень большое количество листов (получив при этом множество «лишних» заготовок), чтобы наконец найти такую комбинацию способов раскроя, которая обеспечивает минимизацию числа отходов.

Мы уже продемонстрировали два способа, как найти компромиссное оптимальное решение, позволяющее справиться с проблемой «лишних» заготовок:

- мы минимизировали число используемых листов (рабочий лист **ЛистПоДлине3**);
- мы минимизировали общую (суммарную) длину (или долю) отходов и «лишних» заготовок (рабочие листы **ЛистПоДлине4** и **ЛистПоДлине5**).

У нас уже не осталось параметров (ячеек), которые мы не пытались бы минимизировать. Поэтому теперь попробуем другой способ — наложим дополнительные ограничения, которые не позволят поиску решения чересчур увлекаться увеличением количества «лишних» заготовок.

Соответствующее решение представлено на рабочем листе **ЛистПоДлине6** (рис. 16.9).

Microsoft Excel - Раскрой.xls																
M24 # 237																
Из листового проката нужно выкроить заготовки четырех видов. Один лист длиной 184 см можно разрезать на заготовки длиной 45 см, 50 см, 65 см и 85 см. Способы разреза одного листа на заготовки и величина отходов при каждом способе приведены в таблице. Определите, какое количество листов по каждому из способов следует разрезать, чтобы получить нужное количество заготовок данного вида при минимальных общих отходах.																
Длина заготовки, см	Кол-во заготовок, выкраиваемых из одного листа при разрезе способом №												Требуемое кол-во заготовок, шт	кол-во заготовок, не более, шт.	Общая длина, см	Длина листа, см
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
45	4	2	2	2	1	1	1	1	0	0	0	0	900	918	40500	184
50	0	1	0	0	2	0	1	1	3	2	1	0	400	408	20000	
65	0	0	1	0	0	2	1	0	0	1	2	1	200	237	13000	
85	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	900	918	76500	
														Итого:	150000	
Полезное использование части листа длиной... см																
45	180	90	90	90	45	45	45	0	0	0	0	0				
50	0	50	0	0	100	0	50	50	150	100	50	0				
65	0	0	65	0	0	130	65	0	0	65	130	65				
85	0	0	0	85	0	0	0	85	0	0	0	85				
Итого	180	140	155	175	145	175	180	180	150	165	180	150				
Отходы, см	4	44	29	9	39	9	24	4	34	19	4	34				
Решение:																
Номер способа раскроя																
													Всего			
Количество листов, раскроенных этим способом													900			
Количество полученных заготовок													Итого			
45	0	0	0	510	0	0	0	408	0	0	0	0	918	18	810	
50	0	0	0	0	0	0	0	408	0	0	0	0	408	8	400	
65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	237	237	37	2405	
85	0	0	0	255	0	0	0	408	0	0	0	237	900	0	0	
Общие отходы (от числа листов, раскроенных каждым из способов), см													Итого			
													11985			
Длины и соотношения (% от общей длины израсходованных листов)													см	%		
Общая длина всех израсходованных листов													156600,00	100,00		
Общая длина всех требуемых заготовок													150000,00	90,68		
Общая длина всех «лишних» заготовок													3615,00	2,18		
Общая длина всех отходов													11985,00	7,24		
Общая длина всех «лишних» заготовок и отходов													15600,00	9,42		

Рис. 16.9. Оптимальное решение — минимизация общей длины отходов при ограничении по максимальному количеству «лишних» заготовок



На этом рабочем листе в ячейках O8–O11 указаны максимально допустимые количества «лишних» заготовок каждого типоразмера. Это ограничение является простым и очевидным, поэтому мы не стали приводить рисунок с диалогом поиска решения.

Здесь для заготовок трех типоразмеров максимально допустимое количество не превышает требуемое количество более чем на два процента, а вот для заготовок длиной 65 см пришлось указать максимально допустимое количество, не соответствующее этому принципу (двух процентов). Это связано с тем, что при уменьшении этого числа (237) хотя бы на единицу, оптимальное решение не может быть найдено.

Как ни странно, в этой постановке задачи мы получили решение, по параметрам оптимизации аналогичное решениям, представленным на рабочих листах **ЛистПоДлине3** и **ЛистПоДлине5**.

Конечно, это следствие интересной «игры цифр»: в других аналогичных задачах или в этих же задачах, но с другими исходными данными, мы, скорее всего, не столкнемся с таким явлением.

Тем не менее является целесообразным провести детальный анализ последнего полученного оптимального решения.

Обратите внимание, что нам потребуется столько же (900 штук) исходных листов, сколько требуется и в ранее найденных (**ЛистПоДлине3** и **ЛистПоДлине5**) оптимальных решениях, общая длина отходов и «лишних» заготовок точно такая же. Однако количества листов, раскроенных каждым из выбранных способов, отличаются от решений **ЛистПоДлине3** и **ЛистПоДлине5**.

В последнем решении большая часть металла «ушла» именно на отходы, в то время как в ранее найденных решениях она уходила на «лишние» заготовки. Полученное решение не принесло выигрыша ни по одному значимому параметру (требуемое количество исходных листов не уменьшилось, суммарная доля отходов и «лишних» заготовок не уменьшилась).

Из этого следуют следующие выводы.

Нам не удалось найти решение, которое можно **ОДНОЗНАЧНО** трактовать как оптимальное (это, с одной стороны, по-прежнему, следствие неоднозначности понятия «лишние» заготовки, а с другой стороны — невозможности уменьшить суммарную долю отходов и «лишних» заготовок (при данных конкретных исходных значениях) — металл «уходит» либо в отходы, либо в лишние «заготовки», и мы можем изменить только соотношение отходов и «лишних» заготовок.

Смягчение ограничений по максимальным количествам «лишних» заготовок (допустим, больше требуемого количества не на два, а на три процента) не приведет к получению **ОДНОЗНАЧНО** оптимального решения. Очевидно, что мы сможем уменьшить долю (а возможно, и абсолютное количество отходов), но нам потребуется израсходовать больше исходных листов (увеличится количество «лишних» заготовок).

Мы рекомендуем «поиграть с цифрами» в решениях, представленных в этом разделе; наверняка вы еще обнаружите много интересных ситуаций.

**ПРИМЕЧАНИЕ**

Очевидно, что «игра» преимущественно заключается только в использовании других вариантов исходных данных. При этом, напомним, вы можете изменять только исходные данные — требуемое количество заготовок четырех (строго определенных) типоразмеров. Вы не можете изменять длину исходного листа или длины заготовок. Это связано с тем, что предметом оптимизации является выбор количества листов, раскроенных каждым из доступных способов, а не способов раскроя. Если вы изменяете длину исходного листа (или длины заготовок, или количество типоразмеров заготовок), то вы получаете новые варианты раскроя — в этом случае вам нужна новая структура рабочего листа для решения задачи.

### **Оптимальный раскрой с требованием по получению полных комплектов заготовок**

В предыдущем разделе мы рассмотрели различные варианты одной задачи оптимизации раскроя материалов. Эта задача очень часто встречается в реальной жизни. Важной особенностью рассмотренной задачи являлось отсутствие требования по комплектности заготовок. Мы получали различное количество заготовок четырех типоразмеров, при этом соотношения этих количеств могли быть любыми и определялись только нашими исходными данными — мы указывали требуемое количество заготовок каждого типоразмера, и все.

Таким образом, нам требовалось просто получить некоторое абстрактное требуемое количество заготовок каждого типоразмера.

Однако очень часто встречается и следующая постановка задачи оптимизации:

- аналогично предыдущей задаче используются исходные детали некоторого материала (листы, прутья, трубы, уголки);
- аналогично предыдущей задаче все исходные детали имеют одинаковую длину (или площадь);
- аналогично предыдущей задаче известны измерения всех типоразмеров заготовок, которые нам требуется получить (из этого и из предыдущего соображения следует, что существует конечное число способов/вариантов раскроя исходной детали на требуемые заготовки, все эти способы известны и искать оптимальные способы не требуется; требуется искать оптимальные соотношения способов раскроя);
- аналогично предыдущей задаче требуется минимизировать либо количество израсходованных исходных деталей, либо количество (или доли) отходов и «лишних» заготовок;
- **ОДНАКО ТЕПЕРЬ** заготовки предназначены для изготовления (сварки, сборки) каких-либо конструкций (или, что то же самое, — для формирования комплектов заготовок).

Очевидно, что нам требуется получить как можно больше целых комплектов заготовок, причем очевидно, что в комплект могут входить разные количества заготовок разных типоразмеров. Например, заготовок первого типа требуется пять штук, второго типа — три штуки, третьего типа — семь штук и так далее.

Конечно, такое требование усложняет постановку задачи и требует некоторых дополнительных усилий от нас и от инструмента **Поиск решения**.

Рассмотрим конкретный пример, представленный в файле **Раскрой\_Рама.XLS**. Металлические уголки (длина исходных деталей, конечно, известна) требуется разрезать на заготовки четырех типоразмеров, которые в разных количествах используются для изготовления некоторого количества абсолютно одинаковых рам. Конструкция рамы представлена на рис. 16.10. На этом рисунке и во всех последующих расчетах длины указаны в метрах.

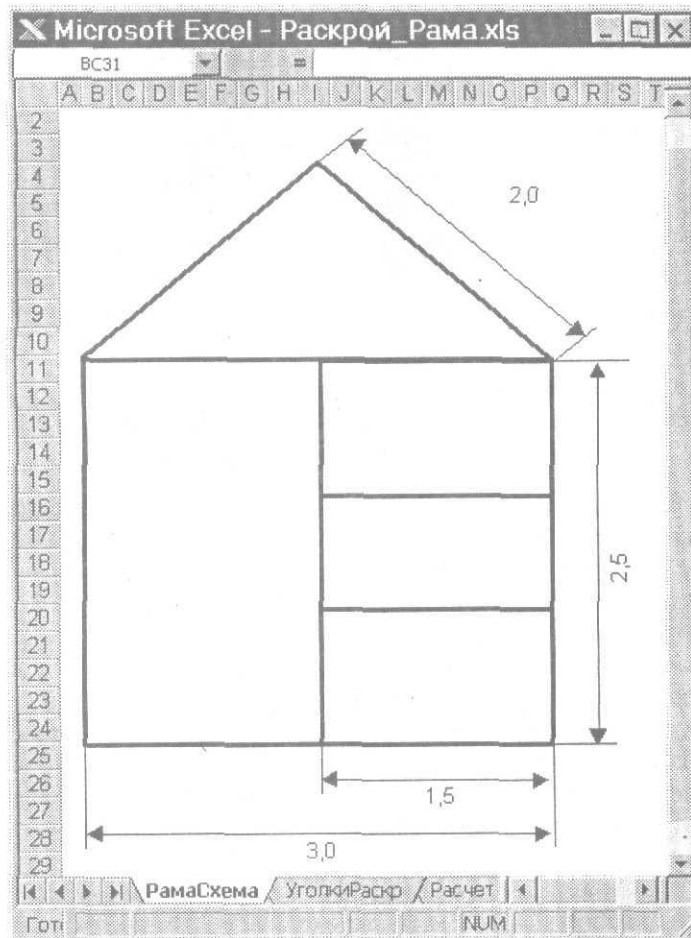


Рис. 16.10. Конструкция рамы (схема)

Из этой схемы видно, сколько заготовок каждого типа необходимо получить для получения комплекта, необходимого для изготовления этой конструкции.

Исходный уголок длиной шесть метров можно раскроить одиннадцатью способами, причем шесть способов предполагают, что часть уголка (либо полметра, либо метр) уйдет в отходы. «Графическое» представление способов раскроя представлено на рабочем листе **УголкиРаскр** (рис. 16.11) — в виде диаграммы.

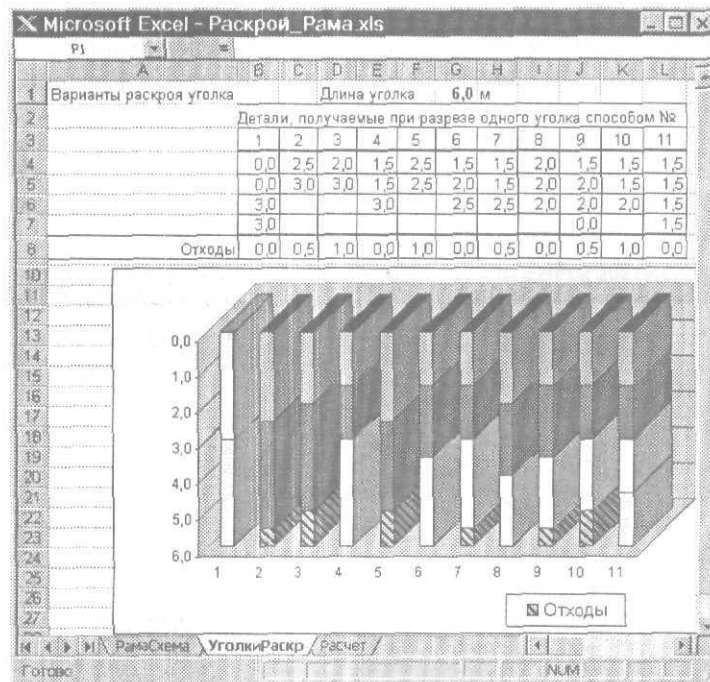


Рис. 16.11. Способы раскроя уголка

Мы хотели бы дать некоторые пояснения к этой диаграмме. На диаграмме представлены не количество заготовок, а ДЛИНЫ этих заготовок (или длины отходов). Поэтому каждый цветной фрагмент в каждом из столбцов представляет собой одну заготовку определенной длины. Причем цвет ряда означает номер следования заготовки конкретной длины.

Поэтому, например, в первом столбце у нас два разноцветных фрагмента одинакового размера на всю высоту столбца — это первый способ раскроя, при котором мы получаем две заготовки по три метра каждая (уголок расходуется полностью, отходов нет). В последнем столбце мы видим четыре разноцветных фрагмента одинакового размера на всю высоту столбца — это одиннадцатый способ раскроя, при котором мы получаем четыре заготовки по полтора метра каждая (уголок расходуется полностью, отходов нет).

Отходы на этой диаграмме представлены нижним цветовым рядом (светло-серые фрагменты с черной диагональной штриховкой) — в отходы уходят куски длиной либо полметра, либо метр.

Подчеркнем, что данные на рабочем листе **УголкиРаскр** используются только в качестве исходных для построения диаграммы. Никакие расчеты на основе этих данных не выполняются.

Очень интересной особенностью таких задач является возможность получения нескольких оптимальных решений, причем действительно нельзя выбрать САМОЕ оптимальное. Дело в том, что нам по условиям задачи необходимо получить наибольшее количество ЦЕЛЫХ комплектов деталей, однако нам не требуется, что-

бы в ячейке, максимальное значение которой мы ищем, была формула, приводящая значение к ближайшему меньшему целому числу (это может быть формула на основе функции =ОКРУГЛВНИЗ() (с нулевым числом знаков после запятой) или функции =ЦЕЛОЕ()). Мы вполне можем искать максимальное значение неокругленной ячейки — уж как-нибудь сообразим, что целое число комплектов равно значению этой ячейки без дробной части.

Таким образом, у нас появляется некоторый интервал значений этой ячейки, различающихся по значению дробной части, но имеющих одинаковую целую часть. Эта разница проявляется в разных соотношениях длин собственно отходов и «лишних» деталей (здесь от проблемы «лишних» деталей тоже никуда не деться; причем здесь есть еще один нюанс — так как мы находим дробные количества, то нужно понимать, что «нецелая» «лишняя» деталь является отходом).

Обратите внимание, что в этой задаче исходные данные представлены только одной ячейкой, содержащей исходное количество разрезаемых уголков.

По большому счету мы можем менять только это число — искать оптимальное решение для другого количества исходного ресурса.

В принципе, не изменяя структуру рабочего листа, мы можем изменять количество деталей, входящих в полный комплект (ячейки M11–M14). При этом следует понимать, что раз требуется другое количество деталей, то речь идет уже о какой-то другой конструкции, а не о той, которая изображена на схеме. Если это понятно, то можно использовать этот же рабочий лист для этих расчетов (примеры приведены в конце этого раздела).

И мы НЕ можем изменять следующие данные:

- длину исходных уголков (шесть метров);
- количество типоразмеров деталей (сейчас их четыре);
- длину деталей.

Изменение любого из этих параметров приведет к изменению способов раскроя уголка. Этих способов может стать больше или меньше (сейчас — 11), что, конечно, изменяет структуру задачи. Даже если число способов останется таким же, все равно это будут уже другие способы.

Давайте посмотрим. На рис. 16.12 представлены условия и ограничения этой задачи.

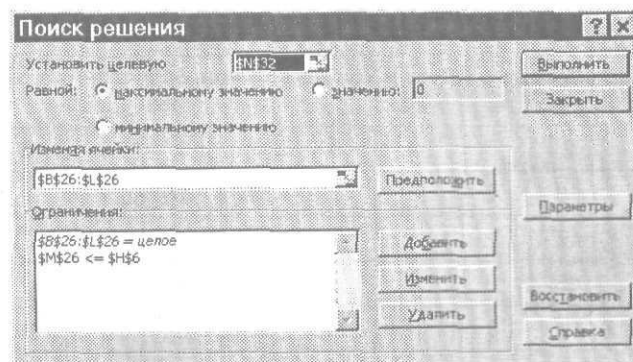


Рис. 16.12. Условия и ограничения задачи

На рис. 16.13 представлено одно из оптимальных решений.

The screenshot shows an Excel spreadsheet titled "Раскрой\_Рама.xls". It contains a table with columns for part lengths (1.5, 2.0, 2.5, 3.0) and cutting methods (1-11). The solution shows that 100 corner profiles are cut using method 1, resulting in 28 complete sets of parts and zero waste.

Рис. 16.13. Один из вариантов оптимального решения («лишних» деталей нет вообще)

В табл. 16.1 представлены изменяемые данные (количество уголков, раскроенных каждым из способов), которые мы получили в найденных нами решениях. Во всех этих решениях мы получаем не менее 28 полных комплектов деталей.

Таблица 16.1. Изменяемые данные для различных вариантов оптимальных решений

Номер решения	Номер способа разреза и кол-во уголков, разрезанных этим способом										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0	48	0	8	0	34	2	7	0	1	0
2	2	42	2	8	2	36	2	6	0	0	0
3	2	45	0	8	0	38	1	6	0	0	0
4	28	1	0	0	14	57	0	0	0	0	0
5	28	0	0	0	14	56	0	0	0	0	0

Вы можете значения из этой таблицы подставить в ячейки изменяемых данных (B26–L26) и посмотреть на получаемое количество отходов и «лишних» деталей. В большинстве этих вариантов мы получаем точное целое число комплектов — 28, но в одном — 28,5.

Скорее всего, это не окончательный список — вы можете попробовать найти другие варианты. Однако следует заметить, что иногда инструмент **Поиск решения** «упирается» и не хочет находить очевидные решения. В частности, пятый вариант мы подобрали вручную на основе 4-го.

Теперь попробуем найти оптимальные решения для других исходных данных. Для начала допустим, что у нас больше исходного ресурса — 120 уголков. Один из вариантов решения представлен на рис. 16.14.

Microsoft Excel - Раскрой Рама.xls																							
N28     =M28/M11																							
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M											
1	Имеется 100 шт. металлических уголков длиной 6 м каждый. Из них необходимо изготовить																						
2	детали для некоторого количества рам в соответствии с чертежом. Необходимо найти оптимальный																						
3	план раскроя уголков, обеспечивающий получение некоторого количества целых комплектов деталей																						
4	при минимальной суммарной длине лишних деталей и отходов.																						
6	Длина уголка, м	6,0	Количество уголков		120																		
9	Длина детали, м	Кол-во деталей, получаемых при разрезе одного уголка способом №										Кол-во дет в одной раме											
10		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		11										
11	1,5	0	0	0	2	0	1	2	0	1	2	4	2										
12	2,0	0	0	1	0	0	1	0	3	2	1	0	2										
13	2,5	0	1	0	0	2	1	1	0	0	0	0	3										
14	3,0	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2										
16	Полезное использование части уголка длиной ... м																						
17	1,5	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	1,5	3,0	0,0	1,5	3,0	6,0											
18	2,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	2,0	0,0	6,0	4,0	2,0	0,0											
19	2,5	0,0	2,5	0,0	0,0	5,0	2,5	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0											
20	3,0	6,0	3,0	3,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0											
21	Итого	6,0	5,5	5,0	6,0	5,0	6,0	5,5	6,0	5,5	5,0	6,0											
22	Отходы, м	0,0	0,5	1,0	0,0	1,0	0,0	0,5	0,0	0,5	1,0	0,0											
24	Решение: Номер способа разреза и кол-во уголков, разрезанных этим способом:																						
25		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11											
26		4	52	0	7	3	42	0	4	6	1	1	120										
27	Количество полученных деталей																						
28	1,5	0	0	0	14	0	42	0	0	6	2	4	68										
29	2,0	0	0	0	0	0	42	0	12	12	1	0	67										
30	2,5	0	52	0	0	6	42	0	0	0	0	0	100										
31	3,0	8	52	0	7	0	0	0	0	0	0	0	67										
32	Число комплектов деталей:											33,33		3,67									
34	Общие отходы (от числа уголков, разрезанных каждым из способов), м										Итого	Общая длина лишних											
35	0										26	0	0	3	0	0	0	3	1	0	33	деталей и отходов, м	36,67
Готово																							

Рис. 16.14. Один из вариантов оптимального решения для 120 исходных уголков

Вернем прежнее количество исходных уголков, но теперь предположим, что нам требуется другое количество заготовок той же длины — то есть теперь мы работаем с другой конструкцией, а не с той, которая представлена на схеме. Укажем новые значения в ячейках M11–M14 и выполним расчет.

Полученное оптимальное решение представлено на рис. 16.15.

Microsoft Excel - Раскрой_Рама.xls														
o29      =M29-\$N\$32*M12														
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M		
1	Имеется 100 шт. металлических уголков длиной 6 м каждый. Из них необходимо изготовить													
2	детали для некоторого количества рам в соответствии с чертежом. Необходимо найти оптимальный													
3	план раскроя уголков, обеспечивающий получение некоторого количества целых комплектов деталей													
4	при минимальной суммарной длине лишних деталей и отходов.													
6	Длина уголка, м	6,0	Количество уголков										100	
9	Длина детали, м	Кол-во деталей, получаемых при разрезе одного уголка способом №										Кол-во дет в одной раме		
10		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		11	
11		1,5	0	0	0	2	0	1	2	0	1		2	4
12		2,0	0	0	1	0	0	1	0	3	2		1	0
13		2,5	0	1	0	0	2	1	1	0	0		0	0
14	3,0	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0		
16	Полезное использование части уголка длиной ... м													
17	1,5	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	1,5	3,0	0,0	1,5	3,0	6,0		
18	2,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	2,0	0,0	6,0	4,0	2,0	0,0		
19	2,5	0,0	2,5	0,0	0,0	5,0	2,5	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0		
20	3,0	6,0	3,0	3,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
21	Итого	6,0	5,5	5,0	6,0	5,0	6,0	5,5	6,0	5,5	5,0	6,0		
22	Отходы, м	0,0	0,5	1,0	0,0	1,0	0,0	0,5	0,0	0,5	1,0	0,0		
24	Решение: Номер способа разреза и кол-во уголков, разрезанных этим способом:													
25	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11			
26		4	58	0	8	0	18	11	1	0	0	0		
27	Количество полученных деталей													
28	1,5	0	0	0	16	0	18	22	0	0	0	56		
29	2,0	0	0	0	0	0	18	0	3	0	0	21		
30	2,5	0	58	0	0	0	18	11	0	0	0	87		
31	3,0	8	58	0	8	0	0	0	0	0	0	74		
32	Число комплектов деталей											18,50		
34	Общие отходы (от числа уголков, разрезанных каждым из способов), м										Итого	Общая длина лишних		
35	0	29	0	0	0	0	5,5	0	0	0	0	34,5		
												72,75		

Рис. 16.15. Один из вариантов оптимального решения для другой конструкции и 100 исходных уголков

В заключение этого раздела мы считаем целесообразным рассмотреть еще три особенности подобных задач, важные с методологической точки зрения.

Во-первых, обратите внимание, что в итоговых ячейках N28–O29 и N32 мы НЕ используем формулы, приводящие значения ячеек к целым числам (на основе функций =ОКРУГЛВНИЗ() или =ЦЕЛОЕ()). Мы уже пришли к выводу, что отсутствие такого приведения не влияет на корректность постановки задачи и решения является вполне понятными. Тем не менее мы рекомендуем поэкспериментировать с использованием этих функций в этих ячейках. При этом вы, возможно, столкнетесь с проявлениями «ступенчатости» целевой функции при решении оптимизационных задач. Это, конечно, не будет означать, что на некоторых участках целевая функция начнет принимать обратные значения (в данном случае меньше, чем на соседних участках). Здесь использование таких «округляющих» функций приводит к тому, что на графике целевой функции появляются «ступеньки» — значение функции не изменяется на некотором участке, так как значение округляется. В подобных случаях инструмент **Поиск решения** иногда «встает в тупик»



и не может найти оптимальное решение. Если использование «округляющих» функций является безусловно необходимым и приводит к проблемам при поиске решения, то рекомендуется изменить значение параметра **Допустимое отклонение** (рис. 16.16). В принципе этот параметр должен иметь значение больше 0, только при решении целочисленных задач (в которых используются «округляющие» функции). Однако, так как при этом требования к качеству получаемого решения снижаются, нужно быть готовыми к тому, что мы получим решения «близкие к оптимальным», а не оптимальные. В случае рассматриваемой задачи это означает, что **Поиск решения** может предложить нам вариант с 27 готовыми комплектами — на 1 комплект меньше, чем при строгом решении. Скорее всего, в данном случае мы не получим такой эффект. Дело в том, что среди найденных нами вариантов есть варианты, дающие нам целое число заготовок (28,00) и без всяких округлений (так что в этой задаче «целочисленность» может быть достигнута без принудительного применения «округляющих» функций). Однако в других подобных задачах получение решений, «близких к оптимальным», является вполне возможным и целесообразным.

Во-вторых, вы можете столкнуться с тем, что в некоторых случаях время поиска решения очень велико — 100 секунд и более. В этом случае также следует смягчить требования к качеству решения, увеличив значения параметров **Относительная погрешность** и **Сходимость** (рис. 16.16). Напомним, что значения этих параметров не могут быть больше единицы.

В-третьих, такие задачи являются нелинейными. Флажок **Линейная модель** в диалоге параметров поиска решения должен быть выключен (рис. 16.16).

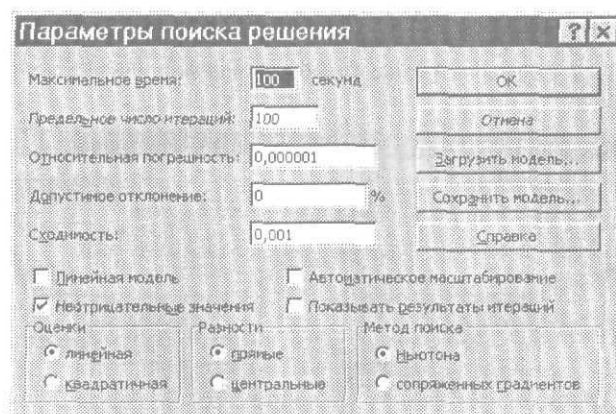


Рис. 16.16. Диалоговое окно Параметры поиска решения

### Дополнительные примеры задач на оптимальный раскрой материалов

В файле **Раскрой\_Рама.XLS** представлены еще две задачи на раскрой материалов по длине (металлические прутья) и по площади (листы фанеры).

Мы предлагаем вам самостоятельно поэкспериментировать с этими примерами и только хотим обратить ваше внимание на две особенности этих примеров:

- расчетные листы оформлены в «нетабличной» форме (большинство наших примеров выглядят в виде таблиц);
- все ограничения задач сведены к равенствам, правая часть которых равна нулю. Эти примеры не содержат никаких принципиальных отличий от ранее рассмотренных задач.

Рабочие листы представлены на рис. 16.17, 16.18, 16.19.

Microsoft Excel - Раскрой\_Прочее.xls  
н15    =СУММ(B10\*B14;C10\*C14;D10\*D14;E10\*E14;F10\*F14;G10\*G14)

1 Стальные прутья длиной 110 см необходимо разрезать на заготовки длиной 45, 35, и 50 см.  
2 Определить, сколько прутьев по каждому из возможных вариантов следует разрезать, чтобы  
3 получить не менее нужного количества заготовок каждого вида при минимальных отходах.

Длина заготовки, см	Варианты разреза						Кол-во заготовок, шт.	Длина прута, см
	1	2	3	4	5	6		
45	2	1	1	0	0	0	40	110
35	0	1	0	3	1	0	30	
50	0	0	1	0	1	2	20	
Отходы, см	20	30	15	5	25	10		

Решение

	1	2	3	4	5	6
	16	0	8	10	0	6

Целевая функция:  $Z=20 \cdot X_1 + 30 \cdot X_2 + 15 \cdot X_3 + 5 \cdot X_4 + 25 \cdot X_5 + 10 \cdot X_6 \rightarrow \min$     550

Ограничения на количество заготовок каждого вида

$2 \cdot X_1 + 1 \cdot X_2 + 1 \cdot X_3 + 0 \cdot X_4 + 0 \cdot X_5 + 0 \cdot X_6 = 40$	0,00
$0 \cdot X_1 + 1 \cdot X_2 + 0 \cdot X_3 + 3 \cdot X_4 + 1 \cdot X_5 + 0 \cdot X_6 = 30$	0,00
$0 \cdot X_1 + 0 \cdot X_2 + 1 \cdot X_3 + 0 \cdot X_4 + 1 \cdot X_5 + 2 \cdot X_6 = 20$	0,00

Путья / РаскройЛистМат / РаскройЛистМат2 /

Рис. 16.17. Задача на оптимальный раскрой металлических прутьев

Microsoft Excel - Раскрой\_Прочее.xls  
о10    =

1 100 листов фанеры размером 2,5x1,5 м необходимо раскроить на  
2 прямоугольные заготовки А, В размерами А - 2x1 м, В - 1x0,75 м и В - 0,5x0,5  
3 м, в ассортименте 1:4:12. Определить оптимальный план раскроя фанеры.

5 Различные способы раскроя фанеры

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

Путья / РаскройЛистМат / РаскройЛистМат2 /

Рис. 16.18. Задача на оптимальный раскрой листов фанеры (схемы вариантов раскроя)

Microsoft Excel - Раскрой_Прочее.xls									
к16		=СУММ(B17:E17)-РаскройЛистМат2!17							
	A	B	C	D	E	F	G	H	J
1	Вид заготовки			Количество заготовок при способах раскроя				Ассортимент	
2				I	II	III	IV	A	1
3	A			1	0	0	0	B	4
4	B			0	4	3	0	C	12
5	C			7	3	5	15		
6	Отходы c <sub>j</sub>			0	0	0,5	0	Количество листов	
7	Количество листов, раскраиваемых способом b <sub>j</sub>			X1	X2	X3	X4	100	
10	В результате раскроя листов всеми способами получим:								
11	заготовок A			X1					
12	заготовок B			4X2+3X3					
13	заготовок B			7X1+3X2++5X3+15X4					
14	Из соотношения заготовок в ассортименте находим ограничения								
15	$X1/1=(4X2+3X3)/4=(7X1+3X2++5X3+15X4)/12$								
16	Решение:	X1	X2	X3	X4	Ограничения:		4X1=4X2+3X3	0
17		47	47	0	6			12X1=7X1+3X2+5X3+15X4	0
18								X1+X2+X3+X4=100	0
19	Целевая функция:			0,5X3->min 0					
21	Для сокращения отходов необходимо раскроить первым способом:			47		листов,			
22				вторым		47 листов,			
23				третьим		0 листов,			
24				четвертым		6 листов.			

Рис. 16.19. Задача на оптимальный раскрой листов фанеры (расчет)

## Приложение 1. ФИНАНСОВЫЕ РАСЧЕТЫ ПО МЕТОДИКЕ И. Я. ЛУКАСЕВИЧА

В этом приложении представлены примеры финансовых расчетов. Эти примеры основаны на методике Игоря Ярославовича Лукасевича, представленной в его книге «Анализ финансовых операций» (Москва, изд-во «Финансы», изд-во «ЮНИТИ», 1998 г.). Это очень интересная книга, содержащая огромное количество полезного материала.

### ЗАМЕЧАНИЕ

---

Авторские права на методику и назначение примеров принадлежат уважаемому автору. Мы только «переложили» их в среду Excel, создав расчетный файл **МетодикаЛукасевича.XLS**. В книге все примеры основаны на проведении расчетов с помощью Excel; в частности, подробнейшим образом описывается применение финансовых функций Excel, однако сам расчетный материал (XLS-файлы) к книге не прилагался (на дискете или компакт-диске; файлы нельзя было скачать из Интернета).

Мы надеемся, что наши примеры облегчат читателям изучение соответствующих вопросов и «экспериментирование» с различными вариантами исходных данных.

---

Мы рекомендуем использовать наши примеры непосредственно при работе с указанной книгой. Наши примеры основаны на издании 1998 г. — именно для этого издания на каждом рабочем листе файла **МетодикаЛукасевича.XLS** указан номер страницы, на которой в книге начинается описание соответствующего примера. Тем не менее мы надеемся, что наши примеры будут полезны и при работе с переизданиями этой книги.

В наших примерах даны далеко не все примеры, представленные в книге. Мы не приводим подробные описания расчетов, а ограничиваемся только их списком:

- Анализ операций с элементарными потоками платежей (рис. П1.1).
- Анализ операций с элементарными потоками платежей — анализ двух альтернатив (рис. П1.2).
- Разработки планов погашения кредитов (рис. П1.3) — здесь обратите внимание (посмотрите на строку формул) на использование имен диапазонов.
- Расчет чистой современной стоимости (NPV) (рис. П1.4).
- Расчет модифицированной внутренней нормы доходности (рис. П1.5), включающий в себя расчет индекса рентабельности проекта и внутренней нормы доходности (рис. П1.6).

- Расчет множественных значений внутренней нормы доходности (рис. П1.7).
- Анализ лизинговых операций (рис. П1.8).
- Анализ рисков (рис. П1.9).

	А	В	С	Д	Е
1	Лукасевич И.Я.		Стр.31		
2	Анализ финансовых операций				
3	Финансовые операции с элементарными потоками платежей				
4					
5	Анализ операций с элементарными потоками				
6					
7	Исходные данные:				
8					
9	Годовая процентная ставка $r =$	0,14			
10	Количество начислений в году $m =$	4,00			
11	Срок проведения операции (лет) $n =$	5,00			
12	Начальное значение $PV =$	10000,00			
13	Будущее значение $FV =$	0,00			
14					
15	Результаты вычислений				
16					
17	Будущая величина $FV =$		-19697,83		
18	Периодическая процентная ставка $r =$	0,00%			
19	Годовая процентная ставка $r =$	0,00%			
20	Общее число периодов проведения $mp =$	0			
21	Современная величина $PV =$	0,00			

**Рис. П1.1.** Расчеты по методике И. Я. Лукасевича.  
Анализ операций с элементарными потоками платежей

	А	В	С	Д	Е
1	Лукасевич И.Я.		Стр.32		
2	Анализ финансовых операций				
3	Финансовые операции с элементарными потоками платежей				
4					
5	Анализ операций с элементарными потоками (анализ двух альтернатив)				
6					
7	Исходные данные:				
8					
9	Годовая процентная ставка $r =$	0,12	0,11		
10	Количество начислений в году $m =$	4,00	12,00		
11	Срок проведения операции (лет) $n =$	5,00	5,00		
12	Начальное значение $PV =$	10000,00	10000,00		
13	Будущее значение $FV =$	0,00	0,00		
14					
15	Результаты вычислений				
16					
17	Будущая величина $FV =$	-180611,12	-172891,57		
18	Периодическая процентная ставка $r =$	0,00%	0,00%		
19	Годовая процентная ставка $r =$	0,00%	0,00%		
20	Общее число периодов проведения $mp =$	0	0		
21	Современная величина $PV =$	0,00	0,00		

**Рис. П1.2.** Расчеты по методике И. Я. Лукасевича.  
Анализ операций с элементарными потоками платежей — анализ альтернатив

Microsoft Excel - Методика Лукасевича.xls

В14    =-ПЛПРОЦ(Ставка/Выплат;A14;Срок\*Выплат;Сумма;;Тип)

Сумма кредита (PV)	Срок погашения (n)	Число выплат в году (m)	Процентная ставка (r)	Тип начисления (0 или 1)	
10000,00	5	1	12%	0	
Результаты вычислений:					
Величина платежа (CF) =		2 774,10	Общее число выплат (mn) = 5		
Номер периода	Баланс на конец	Основной долг	Проценты	Накопленный долг	Накопленный процент
1	8425,90	1574,10	1200,00	1574,10	1200,00
2	6662,91	1762,99	1011,11	3337,09	2211,11
3	4688,37	1974,55	799,55	5311,63	3010,66
4	2476,87	2211,49	562,60	7523,13	3573,26
5	0,00	2476,87	297,22	10000,00	3870,49

Рис. П1.3. Расчеты по методике И. Я. Лукасевича.  
Разработки планов погашения кредитов

Microsoft Excel - Методика Лукасевича.xls

В19    =ЧИСТНЗ(В7;В10:В16;А10;А16)

Дата платежа	Сумма
30.01.90	-100000
30.01.91	25000
30.01.92	30000
30.01.93	35000
30.01.94	40000
30.01.95	45000
30.01.96	50000
NPV =	57302,37
NPV (точное) =	57273,71

Рис. П1.4. Расчеты по методике И. Я. Лукасевича.  
Расчет чистой современной стоимости

	A	B	C	D	E
1	Лукасевич И. Я.		стр. 79		
2	Анализ финансовых операций				
3	Внутренняя норма доходности (MIRR)				
5	Расчет MIRR				
7	Ставка $r =$		0,1		
8	Ставка реинвест. $r_1$		0,08		
9	Дата платежа	Сумма			
10	30.01.90		-100000		
11	30.01.91		25000		
12	30.01.92		30000		
13	30.01.93		35000		
14	30.01.94		40000		
15	30.01.95		45000		
16	30.01.96		50000		
18	NPV =		57 302,37		
19	NPV (точное) =		57 273,71		
20	PI =		1,57		
21	IRR =		26%		
22	IRR (точное) =		26%		
23	MIRR =		18%		

Рис. П1.5. Расчеты по методике И. Я. Лукасевича. Расчет модифицированной внутренней нормы доходности

	A	B	C	D	E
1	Лукасевич И. Я.		стр. 79		
2	Анализ финансовых операций				
3	Внутренняя норма доходности (MIRR)				
5	Расчет MIRR				
7	Ставка $r =$		0,1		
8	Ставка реинвест. $r_1$		0,08		
9	Дата платежа	Сумма			
10	30.01.90		-100000		
11	30.01.91		25000		
12	30.01.92		30000		
13	30.01.93		35000		
14	30.01.94		40000		
15	30.01.95		45000		
16	30.01.96		50000		
18	NPV =	=НПЗ(В7;В11:В16)+В10			
19	NPV (точное) =	=ЧИСТНЗ(В7;В10;В16;А10;А16)			
20	PI =	=В18/В10+1			
21	IRR =	=ВНДОХ(В10;В16)			
22	IRR (точное) =	=ЧИСТВНДОХ(В10;В16;А10;А16)			
23	MIRR =	=МВСД(В10;В16;В7;В8)			

Рис. П1.6. Расчеты по методике И. Я. Лукасевича. Расчет модифицированной внутренней нормы доходности. Рабочий лист в режиме просмотра формул

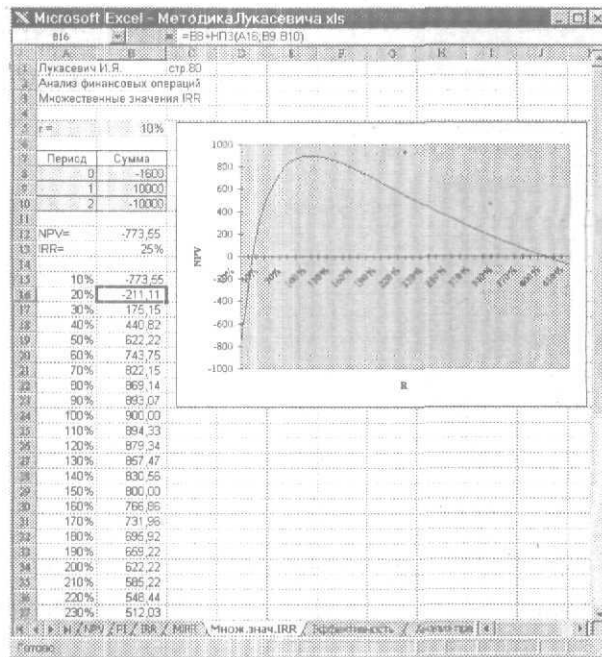


Рис. П1.7. Расчеты по методике И. Я. Лукасевича. Множественные значения внутренней нормы доходности



Рис. П1.8. Расчеты по методике И. Я. Лукасевича. Анализ лизинговых операций



Microsoft Excel - Методика Лукасевича.xls

В20 =НОРМРАСП(С20;Среднее,Отклонение;1)-НОРМРАСП(В20, Среднее,Отклонение;1)

А Среднее,Отклонение;1

стр.168

1 Лукасевич И.Я.

2 Анализ финансовых операций

3 Природа риска и показатели его измерения

4

5 Анализ рисков

6

7	Прогноз (событие)	Вероятность	Доходность	Взвешенные квадраты отклонений
8	Событие 1	0,15	-25,00%	0,02340375
9	Событие 2	0,20	10,00%	0,000405
10	Событие 3	0,40	20,00%	0,00121
11	Событие 4	0,20	30,00%	0,004805
12	Событие 5	0,05	45,00%	0,00465125
13				
14	Ожидаемая доходность (R)	14,50%		
15	Стандартное отклонение	18,57%		
16	Коэффициент вариации (CV)	1,28		
17				
18		Интервал ставки (r1;r2)		Вероятность (r1 <= R <= r2)
19		r1	r2	
20		-10%	0%	0,12
21		15%	45%	0,44

Анализ пред. безоп. Лист1 Лист2 Анализ рисков

Готово

Рис. П1.9. Расчеты по методике И. Я. Лукасевича. Анализ рисков

## Приложение 2

### БИЗНЕС-ПЛАНИРОВАНИЕ ПО МЕТОДИКЕ А. С. ПЕЛИХА

В этом приложении представлены примеры расчетов в области бизнес-планирования. Эти примеры основаны на методике А. С. Пелиха, представленной в его книге «Бизнес-план или как организовать собственный бизнес» (Москва, изд-во «Ось-89», 1999 г.). Эта книга является одной из немногих, в которой очень подробно (огромное количество «цифрового» материала) изложены (и просчитаны) все основные этапы бизнес-планирования — начиная от исходных параметров производства и оценки требуемых объемов сырья и ресурсов (электроэнергия, отопление, бензин....) до расчета некоторых параметров рекламной компании и сумм некоторых налогов («сквозной» расчет бизнес-плана).

#### ЗАМЕЧАНИЕ

---

Авторские права на методику и назначение примеров принадлежат уважаемому автору. Мы только «переложили» их в среду Excel, создав расчетный файл **МетодикаПелиха.XLS** (Расчетный материал (XLS-файлы) к книге не прилагался (на дискете или компакт-диске; файлы нельзя было скачать из Интернета).

Некоторые расчетные данные в книге отличаются от полученных нами. Это связано с грубым округлением промежуточных и конечных результатов (которое применяется в книге достаточно часто) и с несколькими математическими ошибками в расчетах, приведенных в книге.

Мы надеемся, что наш файл облегчит читателям изучение соответствующих вопросов и «экспериментирование» с различными вариантами исходных данных.

---

Мы рекомендуем использовать файл **МетодикаПелиха.XLS** непосредственно при работе с указанной книгой. Наши расчеты основаны на издании 1999 г. — именно для этого издания на каждом рабочем листе файла **МетодикаПелиха.XLS** указан номер страницы, на которой в книге начинается описание соответствующего примера. Тем не менее мы надеемся, что наши примеры будут полезны и при работе с переизданиями этой книги.

При работе с этой методикой и с нашими расчетами следует учитывать специфику производства, для которого готовится бизнес-план (изготовление керамико-фарфоровой продукции) а также то, что в расчетах рассматриваются налоги, сборы и нормативы, которые действовали в период подготовки данной книги к изданию — с тех пор многое изменилось (в том числе и уровень цен).

Тем не менее наш файл можно с небольшими оговорками рассматривать как типовой шаблон для расчетов в области бизнес-планирования — все основные этапы расчетов в нем присутствуют.

Отметим, что в книге, кроме расчетного материала, имеется и большая теоретическая часть, посвященная таким важным аспектам, как анализ рынка, организация сбыта, маркетинг, обеспечение конкурентоспособности продукции.

Мы не приводим подробные описания расчетов, а ограничимся только их списком:

- Арендная плата (рис. П2.1).
- Производительность и мощность необходимого оборудования (рис. П2.2).
- Объем производства за определенный период (рис. П2.3).
- Фонд рабочего времени (различные параметры) (рис. П2.4).
- Некоторые параметры предприятия (рис. П2.5).
- Потребность в сырье и материалах для выпуска 1-й партии продукции (рис. П2.6).
- Численность производственного персонала и уровень предполагаемой зарплаты в определенный период (рис. П2.7).
- Численность руководителей и других категорий работников и уровень предполагаемой зарплаты в определенный период (рис. П2.8).
- Затраты на производство продукции (рис. П2.9).
- Затраты на оплату труда за определенный период (рис. П2.10).
- Пенсионные, амортизационные и прочие отчисления (рис. П2.11).
- Страховые отчисления и процент, выплачиваемый за кредит (рис. П2.12).
- Расходы на некоторые виды рекламы и некоторые налоги (рис. П2.13).
- Полная себестоимость первой партии продукции (рис. П2.14 и П2.23).
- Условно-постоянные и условно-переменные затраты (рис. П2.15).
- Оборотные средства фирмы и ряд логистических показателей (рис. П2.16).
- Себестоимость выпуска продукции (рис. П2.17).
- Показатели рентабельности (рис. П2.18).
- Общие производственные показатели (рис. П2.19).
- Прибыль и соответствующие налоги (рис. П2.20).
- Налоги и сборы (рис. П2.21).
- Сумма всех налоговых отчислений за определенный период (рис. П2.22).

	A	B	C	D
1	Пелих А.С.	стр. 65-66		
2	Бизнес план или как организовать собственный бизнес			
4	Площадь арендуемая под офис	П	32 940,00	кв. м.
5	Минимальный уровень зараб. платы в РФ	З <sub>min</sub>	500	руб.
6	Кэффициент привидения	К <sub>пр</sub>	0,041	
7	Кэффициент размещения (1 этаж)	К <sub>разн</sub>	1,2	
8	Кэффициент благоустройства помещения	К <sub>бл</sub>	1,4	
9	Кэффициент территориальности	К <sub>тер</sub>	1	
10	Кол-во дней в году	Н <sub>дн</sub>	365	дней
11	Кол-во воскресных выходных дней в году	В <sub>дн</sub>	52	дней
12	Кол-во праздничных дней за год	П <sub>дн</sub>	8	дней
14	Арендная плата :	$A_{пл} = S_{пл} \cdot K_{пр} \cdot K_{разн} \cdot K_{бл} \cdot K_{тер} \cdot \Pi$		1 134 453,60 руб.

Рис. П2.1. Расчеты по методике А. С. Пелиха. Арендная плата

	A	B	C	D	E	F
1	Пелих А.С.	стр. 67				
2	Бизнес план или как организовать собственный бизнес					
4	Производительность и мощность необходимого оборудования					
	№ пп	Наименование	Кол-во ПВО, шт.	Производ. единицы в час	Годовой фонд эффе. рабочего времени, час	Мощность годовая, м
6			n	Пр	Фэф	Мi=nхПрхФэф
7	1	Шаровая мельница, кг	2	50	3 770,00	377 000,00
8	2	Сушильный барабан, кг	2	40	3 770,00	301 600,00
9	3	Весовой питатель, кг	2	23,5	3 770,00	177 190,00
10	4	Смеситель СМК -125, кг	2	17,5	3 770,00	131 950,00
11	5	Сушилка НЦ - 12, кв.м	1	15	3 770,00	56 550,00
12	6	Центробежный распылитель глазури	1	32	3 770,00	120 640,00
13	7	Штампы с пресс формами, ед.	8	10	3 770,00	301 600,00
14	8	Печь муфельная для обжига и сушки, кв.м	4	22,5	3 770,00	339 300,00

Рис. П2.2. Расчеты по методике А. С. Пелиха. Производительность и мощность необходимого оборудования

№ пп	Наименование	Кол. во, шт.	Цена за ед., тыс. руб.	Всего, тыс.руб.	Вес ед. изделия, кг	Всего	
						Чистый вес, кг	необходимость сырья, кг
				ВхЦ	Р	ВхР	ВхРх1,4
1	Плитка каменная	432,00	93,75	40 500,00	5,00	2 160,00	3 024,00
2	Медали, монеты сувенирные	2 000,00	10,50	21 000,00	0,20	400,00	560,00
3	Кувшин фарфоровый	20,00	700,00	14 000,00	1,20	24,00	33,60
4	Амфора керамическая	180,00	42,50	7 650,00	0,90	162,00	226,80
5	Полотно керамическое, 2 к	12,00	1 975,00	23 700,00	38,00	456,00	638,40
6	Часы солнечные, 7 компл.	28,00	2 687,50	75 250,00	33,75	945,00	1 323,00
7	Фонтан офисный	2,00	6 200,00	12 400,00	160,00	320,00	448,00
	ИТОГО:			194 500,00		4 467,00	6 253,80

Рис. П2.3. Расчеты по методике А. С. Пелиха. Объем производства за определенный период

5	Эффективный фонд рабочего времени:	$\Phi_{эф} = \Phi_{ном} - \Phi_{рем}$	290 дней
8	Время, отводимое на ремонт оборудования в год:	$\Phi_{рем} = \frac{5\% \Phi_{ном}}{100\%}$	15 дней
10	Номинальный фонд рабочего времени:	$\Phi_{ном} = N_{дн} - B_{рем} - П_{дн}$	305 дней
12	При 6-ти дневной недели (работа через день) $N_{дн} =$	290 дней	
13	и односменной работе продолжительностью Р	13 ч	
15		$\Phi_{эф6} = N_{дн} P$	3770 ч
18	Отсюда за март - апрель	$\Phi_{эф} = \frac{\Phi_{эф6}}{12} \cdot 2$	628 ч

Рис. П2.4. Расчеты по методике А. С. Пелиха. Фонд рабочего времени (различные параметры)

Microsoft Excel - МетодикаПелиха.xls

Е20      =Лист2!F13

1 Пелих А.С.      стр. 69

2 Бизнес план или как организовать собственный бизнес

4 Для индивидуального производства

6  $M = n_i P_i \Phi_{\text{эф}}$

8 Мощность предприятия за период :

10  $M_{1\text{год}} = M_1 + M_2 + M_3 + M_4$       987 740,00 кг в год

12  $M_{1\text{мес(средн)}} = \frac{M_{1\text{год}} * 2}{12}$       164 623,33 кг

14  $M_{1\text{мес}} = M_1 + M_2 + M_3$       516 490,00 кв м в год

16  $M_{2\text{материалы}} = \frac{M_{2\text{год}} * 2}{12}$       86 081,67

18  $M_{3\text{год}} = M_4$       301 600,00 шт. в год

20  $M_{3\text{материалы}} = \frac{M_{3\text{год}} * 2}{12}$       50 266,67 шт.

Готово      NUM

Рис. П2.5. Расчеты по методике А. С. Пелиха.  
Некоторые параметры предприятия

Microsoft Excel - МетодикаПелиха.xls

Е13      =C13\*D13

1 Пелих А.С.      стр. 70

2 Бизнес план или как организовать собственный бизнес

4 Потребность в сырье и материалах для выпуска 1-ой партии продукции

№ пп	Наименование	Кол-во К	Цена Ц	Всего, руб. К*Ц
1	Каолин, ГОСТ 21286-82, кг	1 876,00	795,00	1 491 420,00
2	Глина веселовская, ВГО, ТУ-21-25-203-81	1 230,00	260,00	319 800,00
3	Песок кварцевый ГОСТ 7031-75, 22551-77	1 100,00	545,00	599 500,00
4	Полевой шпат, ГОСТ 15045-78, кг	1 050,00	370,00	388 500,00
5	Бой обожженный (брак собственного производства)	375,00		0,00
6	Жидкое стекло, ГОСТ 13078-81, кг	62,90	6 060,00	381 174,00
7	Сода, ГОСТ 5100-85, кг	62,00	1 060,00	65 720,00
8	Глазурь-фитта, 21а, В1С ДМ-2, ЛГ-19 В9	125,00	18 424,00	2 303 000,00
9	Пигменты-красители, кг	21,00	24 250,00	509 250,00
Всего основных материалов :		5 901,90		6 058 364,00
1	Масло трансформаторное, кг	201,00	3 125,00	628 125,00
2	Гипс, кг	151,00	1 700,00	256 700,00
Всего вспомогательных материалов :		352,00		884 825,00
Итого:		6 253,90		6 943 189,00

Готово      NUM

Рис. П2.6. Расчеты по методике А. С. Пелиха.  
Потребность в сырье и материалах для выпуска 1-й партии продукции

Microsoft Excel - МетодикаПелиха.xls

н13 =D13\*F13

1 Пелих А.С. стр. 71

2 Бизнес план или как организовать собственный бизнес

4 Численность производственного персонала и уровень предполагаемой зарплаты в марте-апреле

	Специальность	Число работников, чел	Тарифная ставка, руб./чел.		Фонд рабочего времени, час		Всего, руб.	
			март	апрель	март	апрель	март	апрель
			Тет		Ф1	Ф2	ТстхФ1	ТстхФ2
6	Дизайнер-стилист	1	5 112,00	8 588,00	176,00	168,00	899 712,00	1 442 784,00
10	Старший художник-оформитель	2	3 785,00	6 360,00	172,00	172,00	651 020,00	1 093 920,00
11	Художник-оформитель	2	3 402,00	5 715,00	172,00	172,00	585 144,00	982 980,00
12	Слесарь-наладчик	2	2 616,00	4 995,00	172,00	172,00	449 952,00	859 140,00
13	Технолог	1	3 069,00	5 156,00	176,00	168,00	540 144,00	866 208,00
14	Разнорабочий	2	2 100,00	3 528,00	172,00	172,00	361 200,00	606 816,00
15	ИТОГО:						3 487 172,00	5 851 848,00

Готово NUM

Рис. П2.7. Расчеты по методике А. С. Пелиха. Численность производственного персонала и уровень предполагаемой зарплаты в определенный период

Microsoft Excel - МетодикаПелиха.xls

н14 =D14\*F14

1 Пелих А.С. стр. 71

2 Бизнес план или как организовать собственный бизнес

4 Численность руководителей и других категорий работников и их предполагаемый уровень зар

	Занимаемая должность	Численность, чел.	Часовая ставка, руб./час		Фактич. Отработ. Время, час		Всего, Фрук	
			март	апрель	март	апрель	март	апрель
			О		Ф1	Ф2	ОхФ1	ОхФ2
9	Генеральный директор	1	5 285,00	8 880,00	176,00	168,00	930 160,00	1 491 840,00
10	Коммерческий директор	1	4 944,00	8 305,00	176,00	168,00	870 144,00	1 395 240,00
11	Главный бухгалтер	1	4 944,00	8 305,00	176,00	168,00	870 144,00	1 395 240,00
12	Водитель	1	2 130,00	3 578,00	176,00	168,00	374 880,00	601 104,00
13	Уборщица	1	1 023,00	1 718,00	176,00	168,00	180 048,00	288 624,00
14	Сторож	1	1 023,00	1 718,00	176,00	168,00	180 048,00	288 624,00
15	ИТОГО:						3 405 424,00	5 460 672,00

Готово NUM

Рис. П2.8. Расчеты по методике А. С. Пелиха. Численность руководителей и других категорий работников и уровень предполагаемой зарплаты в определенный период

Microsoft Excel - Методика Пелиха.xls						
F26      =C26*C27*C28*C29						
	A	B	C	D	E	F
1	Пелих А.С.	стр. 72				
2	Бизнес план или как организовать собственный бизнес					
3	Затраты на производство продукции					
4	Вода на технологические цели и прием сточных вод :					
5	Кол-во месяцев	N	2,00	мес.		
6	Объем потребления	Q	231,00	куб.м	$Z_v = NQP$	1 390 158,00 руб.
7	Расценка за 1 куб.м. воды	P	3 009,00	руб.		
8	Стоимость топлива на технологические цели за 2 мес.					
9			3 576 200,00	руб.		
10	Затраты на энергию для технологических целей					
11	Кол-во потребленной оборудованием эл	Q	10 852,00	КВт/ч	$Z_{em} = QT$	3 906 720,00 руб.
12	Тарифная ставка за один КВт/ч электрост	T	360,00	руб.		
13	Затраты на отопление производственного помещения :					
14	Оталливаемый период	N	1,50	мес.		
15	Цена за 1 Гкал тепловой энергии	Ц	78 490,00	руб.	$Z_{om} = NQC$	567 482,70 руб.
16	Кол-во потребленной тепловой энергии	Q	4,82	Гкал		
17	Затраты на освещение :					
18	Кол-во дней в году	N	360,00	дней	$Z_{osm} = QN$	656 805,60 руб.
19	Кол-во потребленной энергии	Q	1 824,46	КВт/ч		
20	Затраты на бензин :					
21	Средне-дневной пробег автомобиля	Пд	200,00	км	$Z_v = П, ДН, Ц$	1 482 000,00 руб.
22	Кол-во дней эксплуатации	Д	52,00	дней		
23	Норма расхода бензина на 1 км пути	Нр	0,15	л		
24	Цена 1 л бензина	Ц	950,00	руб.		

Рис. П2.9. Расчеты по методике А. С. Пелиха.  
Затраты на производство продукции

Microsoft Excel - Методика Пелиха.xls						
C6      = (Лист7!G15+Лист7!H15)+(Лист8!G15+Лист8!H15)						
	A	B	C	D	E	F
1	Пелих А.С.	стр. 73				
2	Бизнес план или как организовать собственный бизнес					
3	Затраты на оплату труда по предприятию за два месяца :					
4	Фонд оплаты труда :					
5					$\Phi = \Phi_m + \Phi_{ок}$	18 205 116,00 руб.
6	где				$\Phi_{m(ок)} = \Phi_{нр} + \Phi_{рук}$	

Рис. П2.10. Расчеты по методике А. С. Пелиха.  
Затраты на оплату труда за определенный период





№	А	В	С	Д	Е	Г	Н
1	Пелих А.С. стр. 75						
2	Бизнес план или как организовать собственный бизнес						
4	Расходы на телевизионную рекламу по телевидению						
5	Кол-во слов в рекламе	К	69				
6	Расценка за одно слово	Р	800,00	руб.	$P_{тел} = KPN + \frac{m(KPN)}{100}$	303 600,00	руб.
7	Кол-во запусков рекламы	И	5				
8	Процент за срочность	м	10,00				
10	Стоимость 1/32 полосы рекламы в газете	Pr	71 000,00	руб.	$P_{рас} = P_{тел} + P_c$	374 600,00	руб.
12	В себестоимость продукции включается также:						
13	Налог на пользователей автомобильных дорог		2917500	руб.			
14	Процент от объема реализации		1,5	%			
16	Объем реализации		194 500 000,00	руб.			
17	Налог на владельцев транспортных средств						
18	Процент от минимальной заработной платы	Х	0,6	%	$(Z_{мар} + Z_{апр}) \cdot X$		
19	Минимальная зарплата за март	З <sub>март</sub>	20 500,00	руб.	100		32 940,00
20	Минимальная зарплата за апрель	З <sub>апр</sub>	34 400,00	руб.			
21	Кол-во л.с.	n	100				
25	Всего по этой статье: 2953440 руб.						

Рис. П2.13. Расчеты по методике А. С. Пелиха. Расходы на некоторые виды рекламы и некоторые налоги

№ пп	Наименование элементов затрат	Всего, руб.
1	Сырье и основные материалы (за вычетом возвратных отходов):	
7	а) сырье и основные материалы	6058364
8	б) вода на технологические цели	1390158
9	2) Вспомогательные материалы	884825
10	3) Топливо на технологические цели	3576200
11	4) Энергия на технологические цели	3906720
12	5) Коммунальные услуги:	
13	а) отопление помещений	567483
14	б) освещение помещений	656806
15	6) Горючее для автомобиля	1482000
16	<b>Всего материальных затрат</b>	<b>18522555</b>
17	1) Зарботная плата производственного персонала	9339020
18	2) Зарботная плата руководителей и других категорий работников	8866096
19	<b>Всего затрат на оплату труда</b>	<b>18205116</b>
20	<b>Всего затрат на отчисления на соц. нужды</b>	<b>7282046</b>
21	<b>Затраты на амортизацию основных фондов</b>	<b>9757040</b>
22	1) Арендная плата	1534454
23	2) Страховые взносы	243926
24	3) Реклама	374600
25	4) Канцтовары	75000
26	5) Процент за кредит	32117647
27	6) Налог на пользователей автодорогами и владельце автомобилей	2917500
28	<b>Всего прочих затрат</b>	<b>37263127</b>
29	<b>Итого полная себестоимость продукции</b>	<b>91029885</b>

Рис. П2.14. Расчеты по методике А. С. Пелиха. Полная себестоимость первой партии продукции

Microsoft Excel - Методика Пелиха.xls  
 B15    =(C18/Лист14!C29)\*100

	A	B	C	D	E
1	Пелих А.С.	стр. 77			
2	Бизнес план или как организовать собственный бизнес				
4	Удельный вес условно-постоянных затрат в полной себестоимости продукции :				
5					
6	$Y_x = \frac{Z_x}{C_{np}} 100\%$	68,3 %			
7					
9	Стоимость условно-постоянных затрат	Zп	62 171 941,40	руб.	
11	Спр - полная себестоимость продукции, руб.				
13	Удельный вес условно-переменных затрат в полной себестоимости продукции :				
14					
15	$Y_{пер} = \frac{Z_{пер}}{C_{np}} 100\%$	31,6 %			
16					
18	Стоимость условно-переменных затрат	Zпер	28 746 413,60	руб.	

Готово

Рис. П2.15. Расчеты по методике А. С. Пелиха.  
Условно-постоянные и условно-переменные затраты

Microsoft Excel - Методика Пелиха.xls  
 F4    =Лист16!F6+Лист16!F18+Лист16!F20+Лист17!E17

	A	B	C	D	E	F
1	Пелих А.С.	стр. 77-78				
2	Бизнес план или как организовать собственный бизнес					
4	Оборотные средства фирмы :		$\Phi_{ор} = Z_{мск} + Z_{спр} + H + П_{ор}$			15 214 799,25 руб.
5						
6	Текущий запас товарно-материальных ценностей :		$Z_{мск} = ДТ$			1 735 797,25 руб.
8	Среднедневной расход материалов :		$Д = P_m / n$			144 649,77 руб.
10	Расход материалов на выпуск всей продукции	Pм	6 943 189,00	руб.		
11	Число дней выпуска продукции	n	48			
13	Время между 2-мя поставками :		$T = Г / Д_m$			12 дней
15	Грузоподъемность автомобиля	Г	1560	кг		
16	Среднедневной расход материалов в нат. выражении	Дм	130	кг		
18	Страховой запас товарно-материальных ценностей :		$Z_{спр} = 0,53_{мск}$			867 898,63 руб.
19						
20	Незавершенное производство :		$H = C_{ср.дн} \cdot T_u \cdot K_{зот}$			9 568 143,53 руб.
21						
22	Длительность производственного цикла	Tц	6	дней		

Готово

Рис. П2.16. Расчеты по методике А. С. Пелиха.  
Оборотные средства фирмы и ряд логистических показателей

Microsoft Excel - МетодикаПелиха.xls				
E17		=C20*(Лист16IF6+Лист16IF18+Лист16IF20)/100		
A	B	C	D	E
1	Пелих А.С.	стр. 78		
2	Бизнес план или как организовать собственный бизнес			
4	Среднедневная себестоимость выпуска продукции :			
6	$C_{ср.дн.} = C_{ср} / n$	1 896 455,93	руб.	
8	Полная себестоимость выпуска продукции	С <sub>ср</sub>	91 029 884,76	руб.
9	Число дней выпуска продукции	n	48	
11	Коэффициент готовности :	$K_{гот} = \frac{Y_n + 0,5Y_{пер}}{100}$		0,84 %
14	Уд. вес условно-постоянных затрат в полной себестоимости продукции	У <sub>п</sub>	68,3 %	
15	Уд. вес условно-переменных затрат в полной себестоимости продукции	У <sub>пер</sub>	31,6 %	
17	Прочие оборотные средства :	$\Pi_{об} = \frac{X(Z_{тек} + Z_{срп} + H)}{100}$		3 042 959,86 руб.
20	Процент от всех оборотных средств	X	25 %	
21	Основные средства фирмы	Фосн	243 926 000,00	руб.

Рис. П2.17. Расчеты по методике А. С. Пелиха.  
Себестоимость выпуска продукции

Microsoft Excel - МетодикаПелиха.xls				
C13		=D4/(Лист17IC21+Лист16IF4)*100		
A	B	C	D	E
1	Пелих А.С.	стр. 79-80		
2	Бизнес план или как организовать собственный бизнес			
4	Прибыль (убыток) от реализации продукции :	$\Pi_{р.ку.} = P_n - C_{ср}$		103 470 115,24 руб.
6	Полная себестоимость реализованной продукции	С <sub>ср</sub>	91 029 884,76	руб.
7	Стоимость реализованной продукции	P <sub>п</sub>	194 500 000,00	руб.
10	Рентабельность продукции :	$P_{ку} = \frac{\Pi_{вал}}{C_{ср}} 100\%$		113,7 %
13	Рентабельность производства :	$P_0 = \frac{\Pi_{вал}}{\Phi_{осн} + \Phi_{об}} 100\%$		40 %
16	Фондоотдача :	$\Phi_0 = \frac{\Pi_p}{\Phi_{осн}}$		0,4 руб.
19	Фондоёмкость :	$\Phi_e = \frac{1}{\Phi_0}$		2,36 руб.

Рис. П2.18. Расчеты по методике А. С. Пелиха.  
Показатели рентабельности

А	В	С
1 Пелих А.С.	стр. 80-81	
2 Бизнес план или как организовать собственный бизнес		
4 Среднесписочная численность рабочих	Ч <sub>ср</sub>	10
7 Фондовооруженность :	$\Phi_p = \frac{\Phi_{осн}}{Ч_{ср}}$	24 392 600,00 руб.
10 Кол-во единиц оборудования	поб	22
12 Напряженность использования оборудования :		
14	$K_{ис.об.} = \frac{P_{нр}}{n_{об}}$	8 840 909,09 руб. за единицу
17 Численность работающих	Ч <sub>р</sub>	16
19 Выработка на 1 работающего :		
21	$\Pi_m = \frac{P_{нр}}{Ч_r}$	12 156 250,00 руб

Рис. П2.19. Расчеты по методике А. С. Пелиха.  
Общие производственные показатели

А	В	С	Д	Е	Ф
1 Пелих А.С.	стр. 81				
2 Бизнес план или как организовать собственный бизнес					
4 Затраты на 1 руб. товарной продукции :					
6	$З_p = \frac{C_{нр}}{P_n}$	0,47 руб.			
9 Чистая прибыль :					
11	$\Pi_{чист} = \Pi_{вал} - Н$	93 901 971,72 руб.			
13 1. Налог на прибыль :					
15	$H_{приб} = \frac{\Pi_{вал} \cdot 35}{100}$	36 214 540,33 руб.			
19 2. НДС :	$НДС = \frac{X(НДС_{пос} - НДС_{пос})}{100}$	39 054 945,29 руб.			

Рис. П2.20. Расчеты по методике А. С. Пелиха.  
Прибыль и соответствующие налоги

Microsoft Excel - МетодикаПелиха.xls							
с22 = (C18-C19*(B*C12*Лист19(C17)))*35/100							
A	B	C	D	E	F	G	H
1	Пелих А.С.	стр 81-82					
2	Бизнес план или как организовать собственный бизнес						
3	3. Налог на приобретение автотранспорта:						
6	Процент от стоимости автомобиля	X	20 %				
7	Стоимость автомобиля	Ца	8 000 000,00 руб.		$H_{ос} = \frac{X \cdot Ца}{100}$	1 600 000,00 руб.	
9	4. Целевой сбор на нужды муниципальной милиции, благоустройство территории города, социальную защиту населения и уборку территории города						
12	Средняя заработная плата за 2 мес.	Zmin	27 450,00 руб.				
13	Ставка налога	N	3 %		$H_{нц. об} = \frac{N(Z_{\text{вст}} \cdot n)}{100}$	13 176,00 руб.	
14	Численность работников	n	16				
16	5. Налог на превышение заработной нормативной величины (6 минимальных зарплат):						
18	Фонд оплаты труда	ФОТ	18 235 116,00 руб.				
19	Число месяцев, за кот. подлежит уплата налога	m	2				
21	$H_{пр} = \frac{[ФОТ - m(6Z_{\text{мин}} \cdot Ч_p)] \cdot 35}{100}$						
22			4 527 150,60 руб.				

Рис. П2.21. Расчеты по методике А. С. Пелиха.  
Налоги и сборы

Microsoft Excel - МетодикаПелиха.xls							
D18 = Лист20(D15+Лист20(E19+Лист21(G6+Лист21(G13+Лист21(C22+Лист22(I88+Лист22(I15							
A	B	C	D	E	F	G	H
1	Пелих А.С.	стр 82					
2	Бизнес план или как организовать собственный бизнес						
4	6. Налог на содержание жилищного фонда и социально-культурной сферы:						
6	Процент от объема реализации	X	1,5 %				
7					$H_{ж} = \frac{X \cdot P_{\text{пр}}}{100}$	2 917 500,00 руб.	
11	7. Налог на нужды образовательных учреждений						
13	Ставка налога	Cн	1 %				
14					$H_{об} = \frac{ФОТС_n}{100}$	182 051,16 руб.	
18	Сумма всех налоговых отчислений за 2 месяца						
			84 509 363,38 руб.				

Рис. П2.22. Расчеты по методике А. С. Пелиха.  
Сумма всех налоговых отчислений за определенный период

Microsoft Excel - МетодикаПелиха.xls

А4 = Полная себестоимость первой партии продукции предприятия

Пелих А.С. стр. 7б

Бизнес план или как организовать собственный бизнес

Полная себестоимость первой партии продукции предприятия

№ п/п	Наименование элементов затрат	Всего, руб.
1	Сырье и основные материалы (за вычетом возвратных отходов):	
а)	сырье и основные материалы	=Лист6!E17
б)	вода на технологические цели	=Лист9!F7
2	Вспомогательные материалы	=Лист6!E20
3	Топливо на технологические цели	=Лист9!B10
4	Энергия на технологические цели	=Лист9!F13
5	Коммунальные услуги:	
а)	отопление помещений	=Лист9!F18
б)	освещение помещений	=Лист9!F22
6	Горючее для автомобиля	=Лист9!F26
	Всего материальных затрат	=СУММ(C7:C15)
1	Заработная плата производственного персонала	=Лист7!G15+Лист7!H15
2	Заработная плата руководителей и других категорий работников	=Лист8!G15+Лист8!H15
	Всего затрат на оплату труда	=СУММ(C17:C18)
	Всего затрат на отчисления на соц. нужды	=Лист11!G7
	Затраты на амортизацию основных фондов	=Лист11!G15
1	Арендная плата	=Лист12!B11
2	Страховые взносы	=Лист12!G7
3	Реклама	=Лист13!H10
4	Канцтовары	75000
5	Процент за кредит	=Лист12!G17
6	Налог на пользователей автодорогами и владельцев автомобилей	=Лист13!C13
	Всего прочих затрат	=СУММ(C22:C27)
	Итого полная себестоимость продукции	=СУММ(C16;C19;C20;C21;C28)

Готово

**Рис. П2.23.** Расчеты по методике А. С. Пелиха.  
 Полная себестоимость первой партии продукции предприятия.  
 Рабочий лист в режиме просмотра формул

### Приложение 3. ОФОРМЛЕНИЕ РАБОЧИХ ЛИСТОВ

В этом приложении рассматриваются некоторые вопросы оформления рабочих листов.

#### Как в одну ячейку ввести символы с разным размером шрифта

Выполним несложное упражнение по вводу в ячейку **A1** первого рабочего листа новой рабочей книги обозначения **de2**:

- ввести символы **de2** (шрифт – Arial, размер 12);
- в строке формул установить указатель после символа **d**;
- выделить символы **e2**;
- щелкнуть раскрывающийся список установки размера шрифта и выбрать размер шрифта 8.

Результат представлен на рис. ПЗ.1.

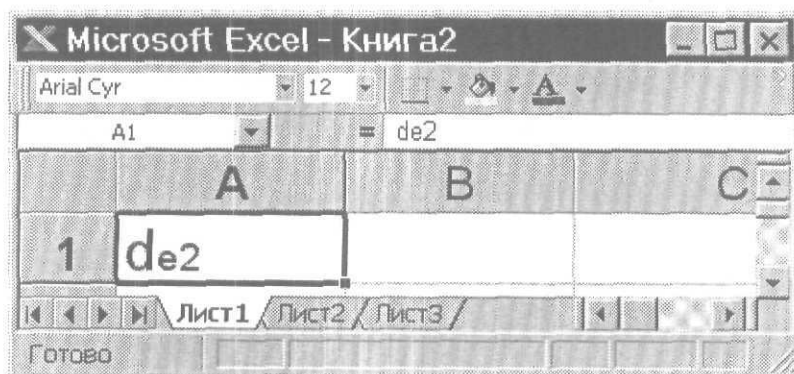


Рис. ПЗ.1. Установка другого размера шрифта для отдельных символов внутри одной ячейки (использован масштаб 180%)

В строке формул, конечно, все символы отображаются одним шрифтом.

Эффект можно усилить, примерно таким же образом установив для отдельных символов полужирный шрифт (рис. ПЗ.2).



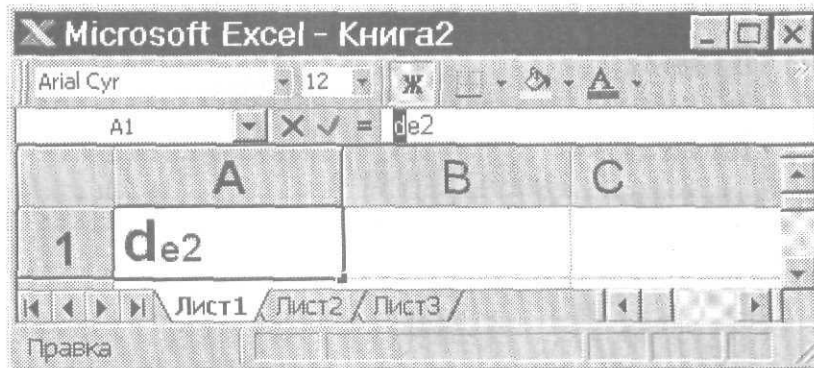


Рис. ПЗ.2. Установка полужирного шрифта для отдельных символов внутри одной ячейки (использован масштаб 180%)

### Как в ячейку ввести символы греческого алфавита

В Excel доступен специальный шрифт **Symbol**, позволяющий вводить символы греческого алфавита. Этим символам достаточно хитроумным образом соответствуют клавиши, с помощью которых (в том числе и с учетом регистра) эти символы должны вводиться. Например,  $\beta$  (beta) – клавиша b,  $\Gamma$  (gamma) – клавиша G и т. д.

Выполним несложное упражнение по вводу в ячейку A1 первого рабочего листа новой рабочей книги обозначения  $\beta_{\min}$ :

- ввести символы  $\beta_{\min}$  (шрифт – Arial, размер 10);
- в строке формул выделить символ b;
- щелкнуть раскрывающийся список выбора типа шрифта выбрать шрифт Symbol (рис. ПЗ.3).

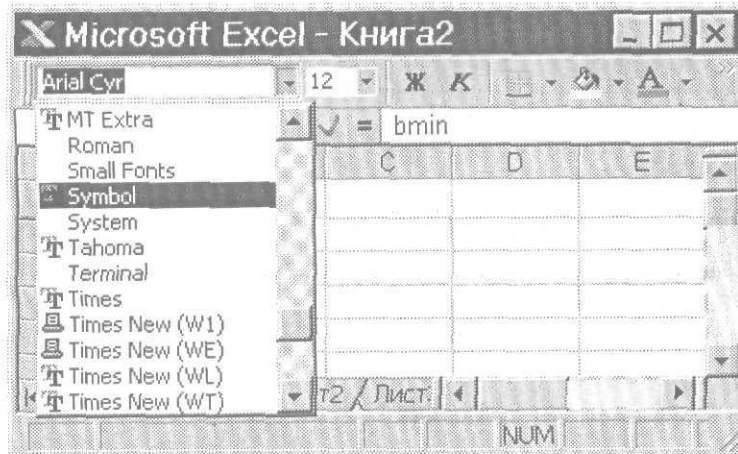


Рис. ПЗ.3. Выбор типа шрифта для отдельных символов внутри одной ячейки

Результат представлен на рис. ПЗ.4.

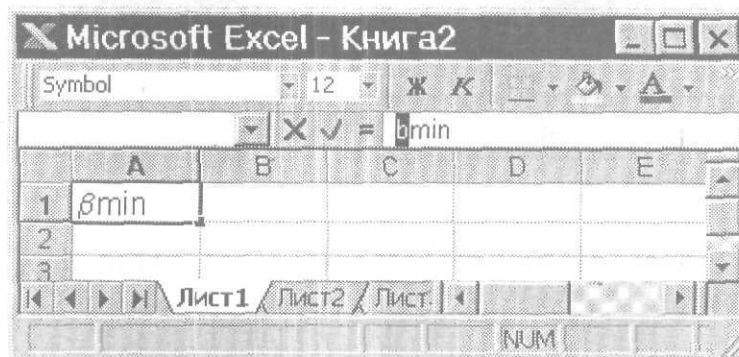


Рис. ПЗ.4. Символ греческого алфавита вместе с символами другого алфавита в одной ячейке

На этом рисунке видно, что для остальных символов ячейки используется шрифт **Arial Cyr**.

Используя методы, описанные в предыдущем подразделе, можно усилить эффект, выделив одни символы и уменьшив размер шрифта других (рис. ПЗ.5).

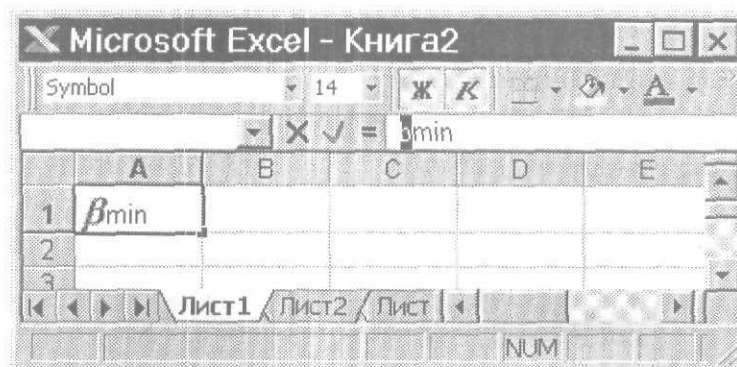


Рис. ПЗ.5. Различные символы и шрифты в одной ячейке

#### Как в ячейку ввести символы верхнего или нижнего индексов

Выполним несложное упражнение по вводу в ячейку **A1** первого рабочего листа новой рабочей книги обозначения **см<sup>2</sup>**:

- ввести символы **см<sup>2</sup>** (шрифт — **Arial**, размер **10**);
- в строке формул выделить символ **2**;
- выполнить команды **Формат, Ячейки**;
- в диалоговом окне щелкнуть флажок **верхний индекс** и затем — кнопку **ОК** (рис. ПЗ.6).

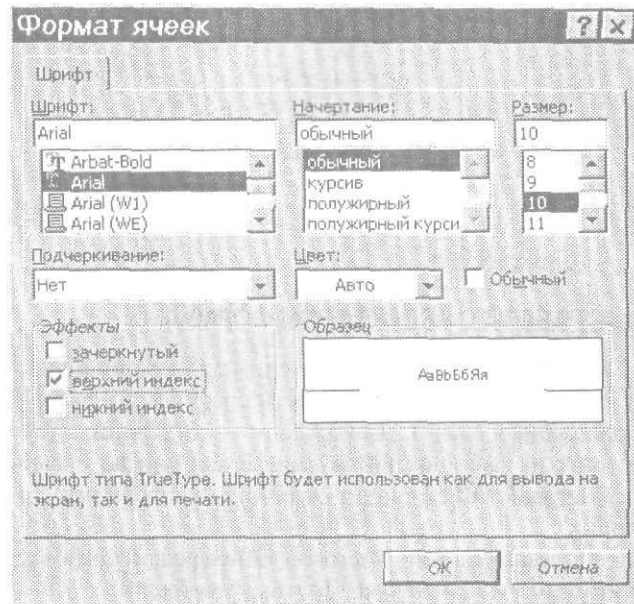


Рис. ПЗ.6. Диалоговое окно указания формата символа в ячейке

**ЗАМЕЧАНИЕ**

Обратите внимание, что когда указанные команды меню выполняются при выделении одного, нескольких или всех символов ячейки, то в диалоговом окне формата ячейки отображается только вкладка **Шрифт** (при вызове этого окна без выделения символов в редакторе формул доступны все вкладки: Число, Выравнивание, Граница и прочие).

Результат представлен на рис. ПЗ.7.

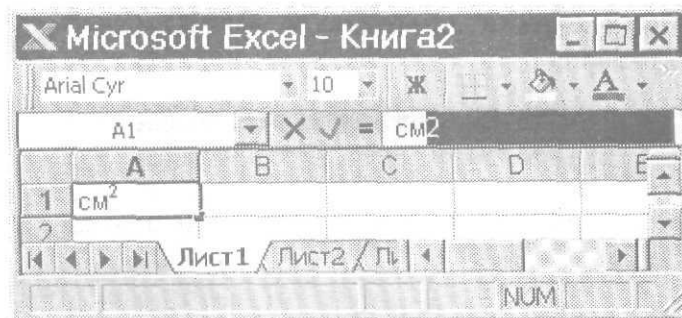


Рис. ПЗ.7. Символ в верхнем индексе

Все методы, представленные в этом Приложении, можно сочетать при форматировании символов в одной и той же ячейке.

#### Приложение 4. РАБОТА С РЕДАКТОРОМ ФОРМУЛ

Рабочие листы XLS-файлов, предназначенных для выполнения каких-либо расчетов, обычно содержат большое количество теоретических формул, в соответствии с которыми производится расчет. Для создания таких формул (с целью последующего помещения их на рабочие листы книг Excel или на страницы документов Word) в состав Microsoft Office входит отличный инструмент — редактор формул (Equation Editor).

При стандартной инсталляции Microsoft Office редактор формул не устанавливается на жесткий диск компьютера. Поэтому необходимо либо «доустановить» его потом, либо включить в состав устанавливаемых компонентов при выборочной инсталляции Microsoft Office.

**По умолчанию редактор формул (файл Eqedit32.exe размещается в каталоге \Program Files\Common Files\Microsoft Shared\Equation\).**

Необходимо отметить, что редактор не позволяет сохранять формулы в виде файлов — после создания они обязательно должны копироваться в документы Microsoft Office через буфер обмена.

Процесс создания формул интуитивно понятен — все выполняется с помощью простых меню-пиктограмм, предоставляющих доступ к множеству функциональных возможностей редактора формул.

Рассмотрим процесс создания выражения:  $=\sqrt{\frac{\beta^2+\delta^2}{2}}$ .  
Запустить редактор формул (рис. П4.1).

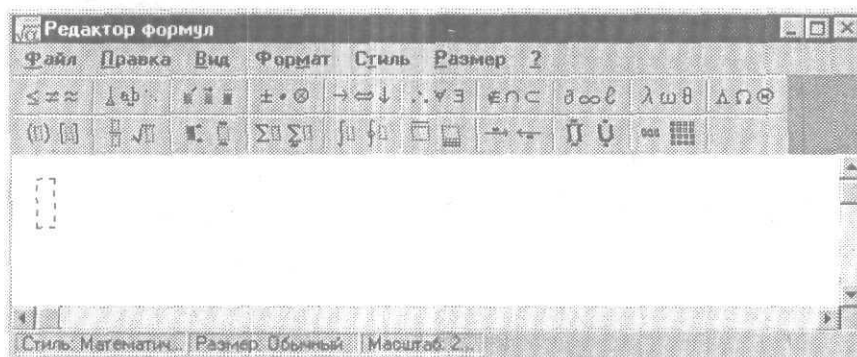


Рис. П4.1. Окно редактора формул

Ввести символ «=».

Выборить пиктограмму **Шаблоны дробей и радикалов** (рис. П4.2) и в меню пиктограмм щелкнуть значок **Корень n-степени** (рис. П4.3, П4.4).

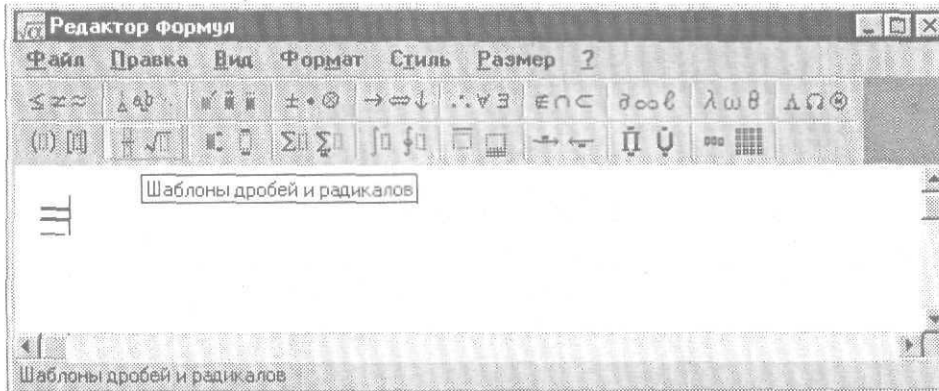


Рис. П4.2. Пиктограмма Шаблоны дробей и радикалов

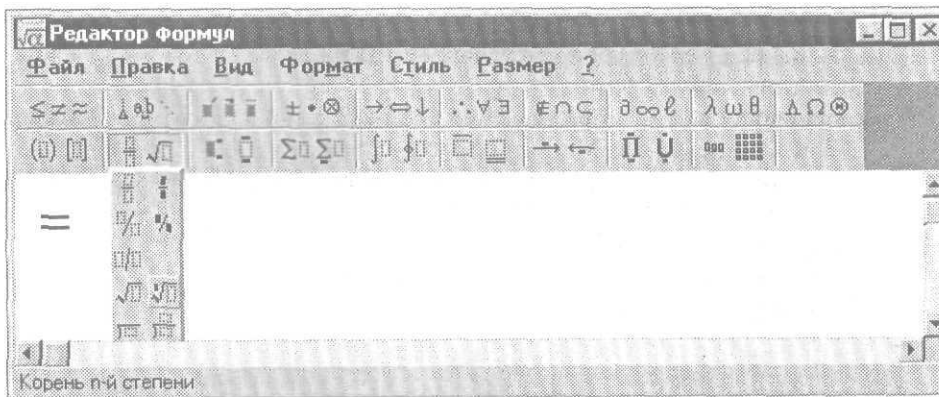


Рис. П4.3. Выбор элемента

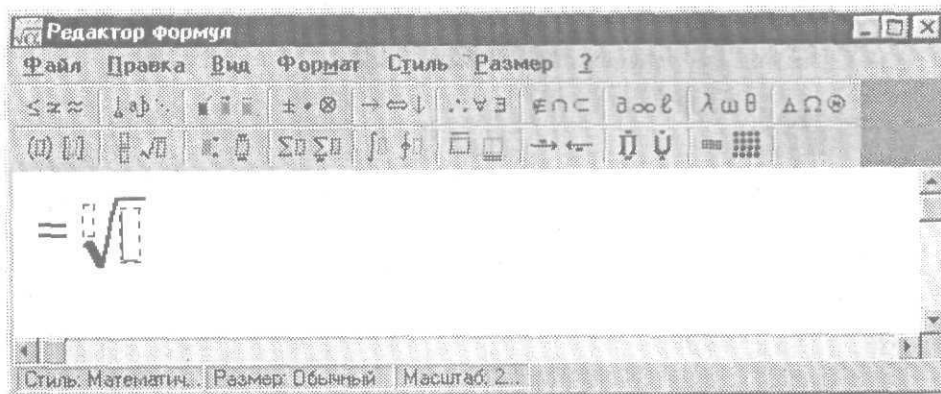


Рис. П4.4. В тело формулы вставлен символ корня со степенью

Установить курсор в область степени корня и ввести число 3 (рис. П4.5)

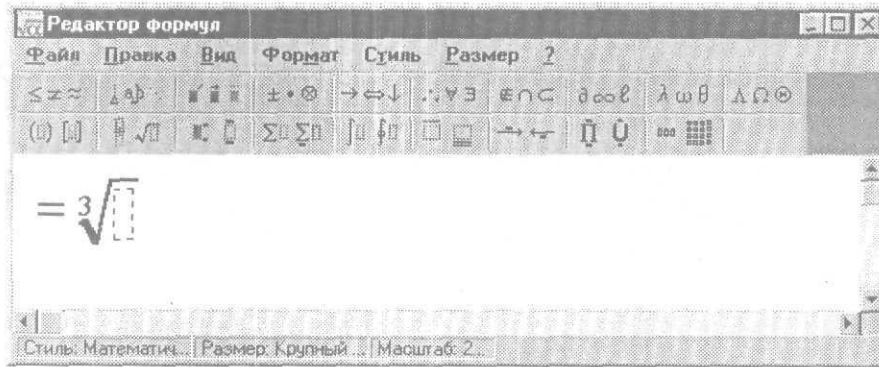


Рис. П4.5. Указание степени корня

Установить курсор в область подкоренного выражения и в меню пиктограммы **Шаблоны дробей и радикалов** щелкнуть значок **Вертикальная дробь обычного размера** (рис. П4.6, П4.7).

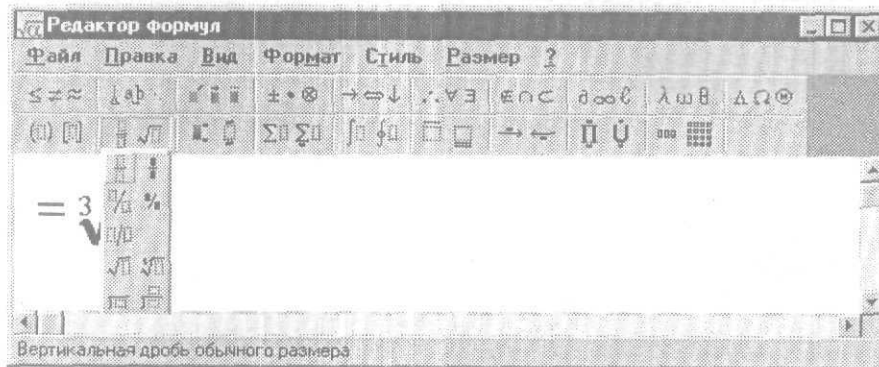


Рис. П4.6. Выбор значка вертикальной дроби нормального размера

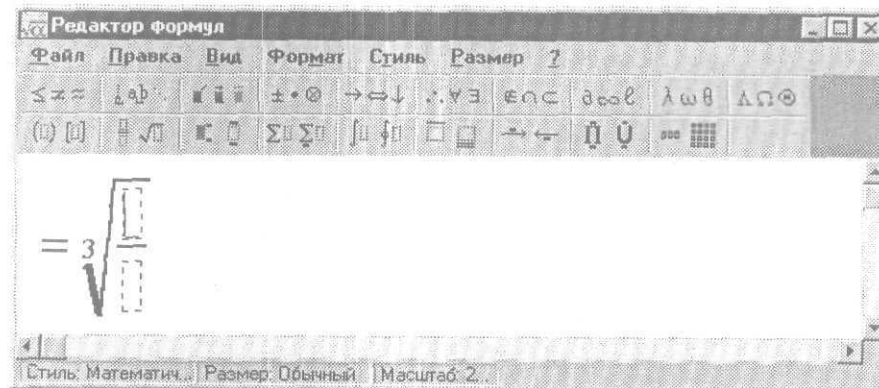


Рис. П4.7. В подкоренное выражение формулы вставлен символ дроби

В меню пиктограммы **Греческие буквы (строчные)** щелкнуть значок  $\beta$  (рис. П4.8, П4.9).

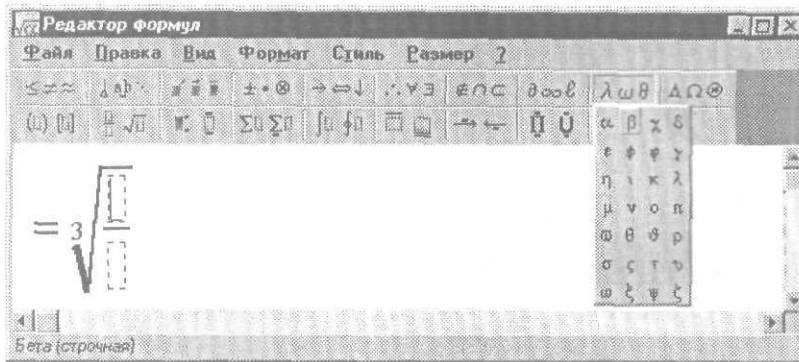


Рис. П4.8. Выбор значка строчной буквы греческого алфавита

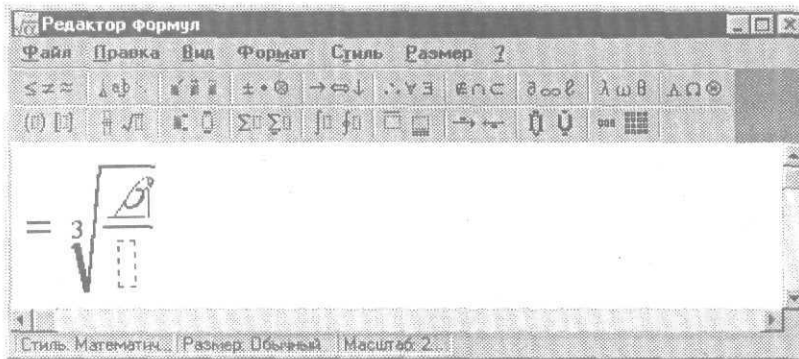


Рис. П4.9. В числитель дроби вставлен символ строчной буквы греческого алфавита

В меню пиктограммы **Шаблоны верхних и нижних индексов** щелкнуть значок **Верхний индекс** (рис. П4.10, П4.11).

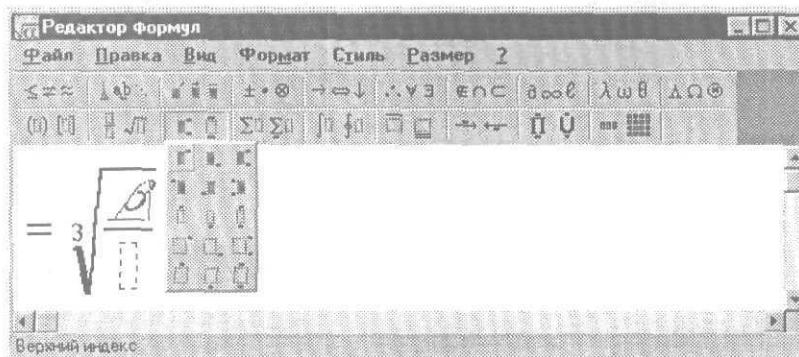


Рис. П4.10. Выбор значка верхнего индекса

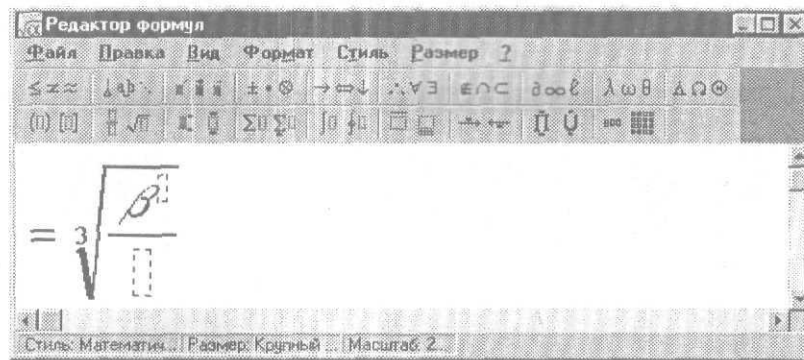


Рис. П4.11. Вставка области верхнего индекса

В области верхнего индекса ввести число 2 (рис. П4.12).

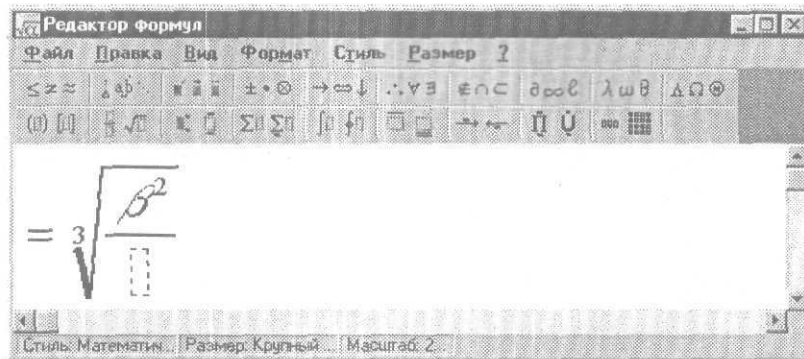


Рис. П4.12. Ввод значения верхнего индекса

С помощью клавиши **Down** или мыши установить указатель в область основных символов числителя, ввести символ + и, повторив вышеописанные действия, ввести выражение  $\delta^2$  (рис. П4.13).

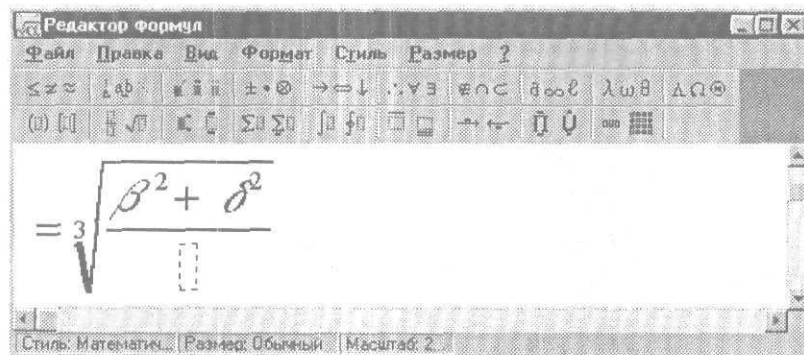


Рис. П4.13. Числитель подкоренной дроби сформирован



Установить указатель в область ввода знаменателя подкоренной дроби и ввести число 2 (рис. П4.14).

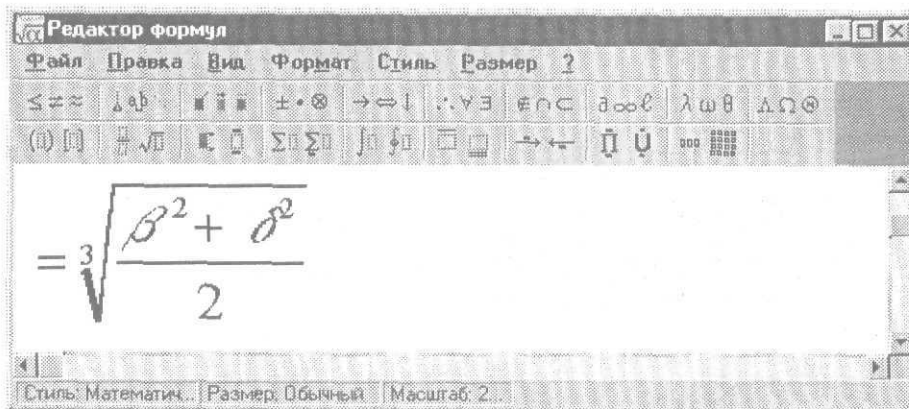


Рис. П4.14. Формирование выражения завершено

Теперь следует выделить всю формулу (например, комбинацией клавиш **Ctrl+A**) и поместить ее в буфер обмена. Перейти в Excel (или запустить его) и на нужный рабочий лист нужной рабочей книги вставить формулу из буфера обмена стандартной командой вставки (рис. П4.15).

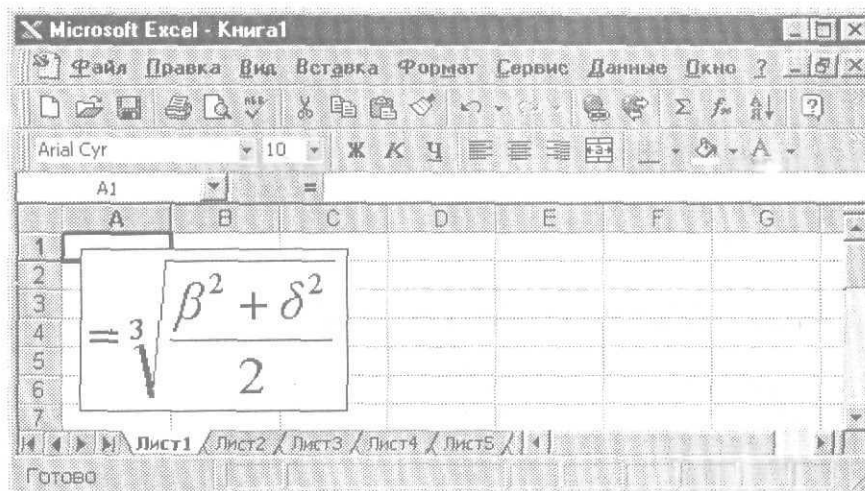


Рис. П4.15. Объект-формула помещен на рабочий лист Excel

Для изменения формулы, уже помещенной на рабочий лист Excel, необходимо дважды щелкнуть по ней. При этом прямо в среде Excel станет доступным меню (и, следовательно, все функции) редактора формул (рис. П4.16).

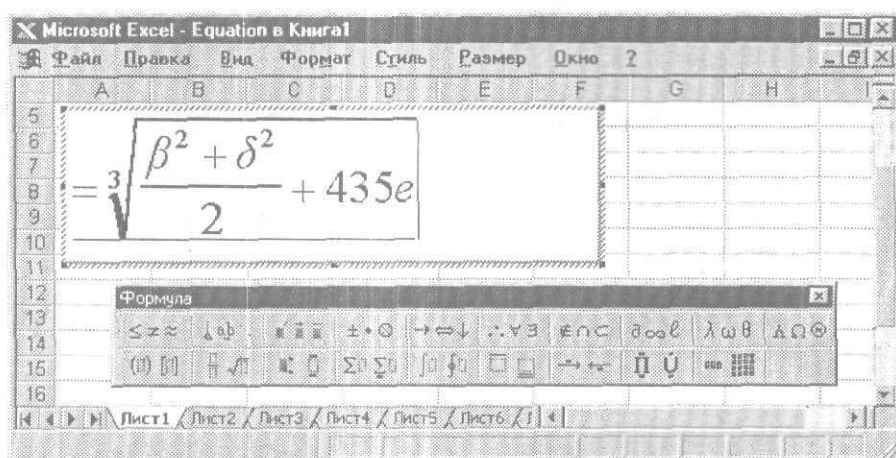


Рис. П4.16. Редактирование объекта-формулы в среде Excel средствами редактора формул

Для выхода из режима редактирования необходимо щелкнуть в любую область рабочего листа (мимо объекта-формулы).

В некоторых случаях может оказаться удобным на время редактирования вновь поместить формулу в редактор формул. Для этого в режиме редактирования формулы на рабочем листе Excel необходимо выделить всю формулу или ее часть, поместить в буфер обмена, перейти в редактор формул и вставить формулу из буфера обмена.

#### ЗАМЕЧАНИЕ

Обратите внимание, что подобным образом из Excel в редактор формул можно перенести только содержимое объекта-формулы (собственно формулу), но не сам объект-формулу.

#### СОВЕТ

В некоторых случаях редактор формул не совсем корректно очищает окно формул — рядом с символами остается «мусор» (это бывает при изменении стилей формул, при удалении больших фрагментов больших формул). Это только «экраный дефект» — на самом деле в формуле все в порядке. Для устранения мусора необходимо просто свернуть и развернуть окно редактора формул (произойдет очистка окна).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

### Книги по финансовым вычислениям и оптимизационному моделированию

1. Акулич И. Л. *Математическое программирование в примерах и задачах*. Высшая школа, 1993.
2. Апанькина Е. А., Данилочкина Н. Г. *Управление затратами*. Приор, 1998.
3. Артеменко В. Г., Беллендир М. В. *Финансовый анализ*. ДИС, 1997.
4. Банди Б. *Основы линейного программирования*. Радио и связь, 1989.
5. Грешилов А. А. *Прикладные задачи математического программирования*. Изд-во МГТУ, 1990.
6. Ковалев А. П. *Оценка стоимости активной части основных фондов*. Финстатинформ, 1997.
7. Ковалев А. П., Еленева Ю.Я., Корниенко А.А., Назаров О.С., Дронова Н. Д. *Оценка рыночной стоимости машин и оборудования*. Дело, 1998.
8. Кондратова И. Г. *Основы управленческого учета*. Финансы и статистика, 1998.
9. Крейтшис М. Н. *Финансовый менеджмент. Задачи, деловые игры, тесты* ДИС, 1999
10. Лимитовский М. А. *Основы оценки инвестиционных и финансовых решений*. 3-е изд. Дека, 1998.
11. Лукасевич И. Я. *Анализ финансовых операций*. Финансы, ЮНИТИ, 1998.
12. Мелкумов Я. С. *Экономическая оценка эффективности инвестиций*, ДИС, 1997.
13. Мельник М. М. *Экономико-математические методы и модели в планировании и управлении материально-техническим снабжением*. Высшая школа, 1990.
14. Новиков Г. И., Пермьякова Э. И., Яковлева В. Б. *Сборник задач по вычислительной технике и программированию*. Финансы и статистика, 1991.
15. Пелих А. С. *Бизнес план или Как организовать собственный бизнес*. Ось-89, 1999.
16. Сергованцев В. Т., Бледных В. В. *Вычислительная техника в инженерных и экономических расчетах*. Финансы и статистика, 1988.
17. Четыркин Е. М. *Методы финансовых и коммерческих расчетов*. 2-е издание. Дело, 1995.

### Книги по разработке расчетных решений в среде Excel, по VBA и по техническим расчетам

18. Биллинг В. А., Дехтярь Н. И. *VBA и Office 97*. Офисное программирование. Русская редакция – 1998.
19. Гарнаев А. *Microsoft Excel 2000. Разработка приложений*. ВHV, 2000.
20. Гарнаев А. *Использование MS Excel и VBA в экономике и финансах*. ВHV, 1999.
21. Гарнаев А. *Самоучитель VBA*. ВHV, 1999.

22. *Герц К., Джилберт М.* Программирование в Microsoft Office. ВНУ, 1999.
23. *Дубина А.* Машиностроительные расчеты в среде Excel 97/2000. ВНУ, 2000.
24. *Дубина А., Орлова С., Шубина И.* MS Excel 97/2000 в электротехнике и электронике. ВНУ, 2001.
25. *Король В. И.* Visual Basic 6.0, Visual Basic for Applications 6.0. Язык программирования. Справочник с примерами. Кудиц-образ, 2000.
26. Официальное издание Microsoft Corporation. Руководство программиста по Visual Basic для Microsoft Office 97. Русская редакция, 1997.
27. *Санна П.* Visual Basic для приложений. ВНУ, 1998.
28. *Соломон К.* Microsoft Office 97. Разработка приложений. ВНУ, 1998.
29. *Уэллс Э., Хейсбаргер С.* Microsoft Excel 97. Разработка приложений. ВНУ, 1998.
30. *Харрис М.* Освой самостоятельно программирование для Microsoft Excel 2000 за 21 день. Вильямс, 2000.
31. *Хорев В.* Самоучитель программирования на VBA в Microsoft Office. Юниор, 2001.

Дубина Александр Георгиевич  
Орлова Светлана Сергеевна  
Шубина Ирина Юрьевна  
Хромов Алексей Викторович

## Excel для экономистов и менеджеров

Главный редактор	<i>Е. Строганова</i>
Заведующая редакцией	<i>И. Андреева</i>
Руководитель проекта	<i>Е. Базанов</i>
Выпускающий редактор	<i>О. Морозова</i>
Редактор	<i>С. Севелев</i>
Художественный редактор	<i>Р. Яцко</i>
Корректоры	<i>Е. Гарпинченко, Л. Комарова</i>
Верстка	<i>Н. Лукьянова</i>

Лицензия ИД № 05784 от 07.09.01.

Подписано к печати 27.11.03. Формат 70×100/16. Усл. п. л. 24,51. Тираж 3500. Заказ 457

ООО «Питер Принт», 196105, Санкт-Петербург, ул. Благодатная, д. 67в.

Налоговая льгота — общероссийский классификатор продукции ОК 005-93,  
том 2; 95 3005 — литература учебная.

Отпечатано с готовых диапозитивов  
в ФГУП ордена Трудового Красного Знамени «Техническая книга»  
Министерства Российской Федерации по делам печати,  
телерадиовещания и средств массовых коммуникаций  
198005, Санкт-Петербург, Измайловский пр., 29

# Нет времени ходить по магазинам?

наберите:

[www.piter.com](http://www.piter.com)

Здесь вы найдете:

Все книги издательства сразу  
Новые книги — в момент выхода из типографии  
Информацию о книге — отзывы, рецензии, отрывки  
Старые книги — в библиотеке и на CD

**И, наконец, вы нигде не купите  
наши книги дешевле!**

Издательство «Питер»: Главная страница - Microsoft Internet Explorer

Файл Правка Вид Избранное Сервис Справка

Назад Поиск Избранное Журнал Почта Печать

Адрес http://www.piter.com

ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ДОМ **ПИТЕР**® ПОДНИМИСЬ НА НОВЫЙ УРОВЕНЬ

Издательство Магазин Отдел сбыта Журналы Обратная связь

НАМ 10 ЛЕТ

**ПРИГЛАШАЕМ ПОСЕТИТЬ САЙТ  
ИЗДАТЕЛЬСКОГО ДОМА «ПИТЕР»**

**WWW.PITER.COM**

НЕСКОЛЬКО КЛИКОВ – И КНИГИ У ТЕБЯ ДОМА!

**ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИН**

**КУРЬЕРСКАЯ ДОСТАВКА В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ И МОСКВЕ**

- **В продаже книги по темам:**  
Компьютерная литература  
и информационные технологии  
Психология  
Экономика  
Медицина  
Юридическая литература  
Оздоровление  
Образование  
Воспитание  
Домоводство
- **Новый раздел:**  
Издания на CD  
Книги издаются теперь не только на бумаге,  
но и в электронном виде на компакт-дисках
- **Электронная библиотека:**  
полные версии  
свободный доступ
- **Download:**  
файлы к книгам  
в любое время – на сайте
- **Доставка:**  
курьерская доставка  
в Санкт-Петербурге и Москве,  
по почте – в любой город России  
и мира
- **Оплата:**  
наличными – курьеру  
банковским переводом  
почтовым переводом  
наложенным платежом  
по кредитной карточке
- **Скидки, конкурсы:**  
регулярные конкурсы и викторины  
победителям – ценные призы  
постоянным клиентам – скидки

МЫ РАБОТАЕМ КРУГЛОСУТОЧНО

**ПИТЕР**®

**НЕОБХОДИМЫЕ КНИГИ – НЕОБХОДИМЫЕ ЗНАНИЯ**

# КНИГА-ПОЧТОЙ



**ЗАКАЗАТЬ КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСКОГО ДОМА «ПИТЕР»  
МОЖНО ЛЮБЫМ УДОБНЫМ ДЛЯ ВАС СПОСОБОМ:**

- по телефону: **(812) 103-73-74**;
- по электронному адресу: **postbook@piter.com**;
- на нашем сервере: **www.piter.com**;
- по почте: **197198, Санкт-Петербург, а/я 619  
ЗАО «Питер Пост».**

**ВЫ МОЖЕТЕ ВЫБРАТЬ ОДИН ИЗ ДВУХ СПОСОБОВ ДОСТАВКИ  
И ОПЛАТЫ ИЗДАНИЙ:**

- ✉ Наложным платежом с оплатой заказа при получении посылки на ближайшем почтовом отделении. Цены на издания приведены ориентировочно и включают в себя стоимость пересылки по почте (**но без учета авиатарифа**). Книги будут высланы нашей службой «Книга-почтой» в течение двух недель после получения заказа или выхода книги из печати.
- ✉ Оплата наличными при курьерской доставке (**для жителей Москвы и Санкт-Петербурга**). Курьер доставит заказ по указанному адресу в удобное для вас время в течение трех дней.

**ПРИ ОФОРМЛЕНИИ ЗАКАЗА УКАЖИТЕ:**

- фамилию, имя, отчество, телефон, факс, e-mail;
- почтовый индекс, регион, район, населенный пункт, улицу, дом, корпус, квартиру;
- название книги, автора, код, количество заказываемых экземпляров.

**Вы можете заказать бесплатный  
журнал «Клуб Профессионал».**

ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ДОМ  
**ПИТЕР**<sup>®</sup>  
WWW.PITER.COM



# КНИГА-ПОЧТОЙ

СЕРИЯ «ДЕЛОВОЙ БЕСТСЕЛЛЕР»

Э. Райс, Дж. Траут

## МАРКЕТИНГОВЫЕ ВОЙНЫ, 2 ИЗД.

Вы держите в руках один из самых гениальных в мире учебников по маркетингу. Легкая, информативная, необычайно практичная книга. Едва ли не с первого дня выхода в свет (в 1986 г.) она стала настольным пособием для сотен тысяч профессионалов во всем мире. В развитых странах сегодня невозможно найти специалиста по маркетингу, руководителя компании или менеджера, который бы не проштудировал эту книгу. Как не найти и серьезной книги по маркетингу, в которой бы авторы не ссылались на «Маркетинговые войны».

Как ни удивительно, эта, уже ставшая классической в десятках стран мира, книга на русском языке издается впервые. Ну что ж, лучше поздно, чем никогда. Тем более, что своей актуальности она не потеряла и по сей день.



256 с., 14×20,5,

переплет

Код 6250

Цена

наложенным  
платежом 128 р.

СЕРИЯ «ДЕЛОВОЙ БЕСТСЕЛЛЕР»

И. Манн

## МАРКЕТИНГ НА 100%

Перед вами книга российского гуру маркетинга Игоря Манна — добрая, ироничная и необычайно полезная! Автор делится с читателями своим опытом работы и дает неоценимые советы, которые необходимы каждому маркетологу: как начинающему, так и имеющему собственный богатый опыт работы в маркетинге.

Впрочем, книгу можно рекомендовать не только маркетологам, но и предпринимателям, руководителям фирм и подразделений компании. В конце концов, судьба их бизнеса во многом зависит от того, какими маркетологами они сами являются и какие маркетологи на них работают.



240 с., 14×20,5,

переплет

Код 6251

Цена наложенным  
платежом 154 р.

ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ДОМ  
**ПИТЕР**<sup>®</sup>  
WWW.PITER.COM

# КНИГА-ПОЧТОЙ



352 с., 17×24,  
переплет  
Код 1266  
Цена  
наложенным  
платежом 251 р.

СЕРИЯ «МАРКЕТИНГ ДЛЯ ПРОФЕССИОНАЛОВ»

*В. Домнин*

## БРЕНДИНГ: НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РОССИИ

Новая книга о брендинге достойно продолжает начатую несколько лет назад линию книг о новых экономических технологиях в России. Написанная живым и образным языком, снабженная огромным количеством увлекательнейших, порой парадоксальных примеров, книга привлечет ваше внимание с первой же страницы - автору удалось вдохнуть в нее свою неподдельную заинтересованность к новому для России направлению. Предложенный материал по почти неизученной у нас теме заинтересует как профессионалов-рекламистов, так рядового читателя, интересующегося всем новым.



304 с., 14×20,5,  
переплет  
Код 5324  
Цена наложенным  
платежом 172 р.

СЕРИЯ «МАРКЕТИНГ ДЛЯ ПРОФЕССИОНАЛОВ»

*С. Г. Божук, Л. Н. Ковалик*

## МАРКЕТИНГОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Эта книга появилась в результате многостороннего творческого осмысления авторами весьма объемного материала. Накопленный авторами большой исследовательский опыт в области маркетинговых информационных систем и маркетинговых исследований лег в основу данной работы, в которой особо следует подчеркнуть преемственность по отношению к трудам российских специалистов.

Предлагаемое издание, надеемся, займет свое место на книжной полке или рабочем столе как начинающего исследователя в области маркетинга, так и уже продвинувшегося на этом пути специалиста.

ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ДОМ  
**ПИТЕР**<sup>®</sup>  
WWW.PITER.COM

# КНИГА-ПОЧТОЙ

СЕРИЯ «БУХГАЛТЕРУ И АУДИТОРУ»

Ю. Кочинев

## АУДИТ

Вас утомили ежемесячные кошмары перед сдачей баланса? Аудиторы громят вашу отчетность и на горизонте появляются крупные неприятности? Или наоборот, вы — аудитор или бухгалтер и хотите повысить свою квалификацию, узнать нечто новое по своей профессии? В таком случае — эта книга для вас. Подробно и толково изложенный теоретический и практический материал по аудиту и организации аудиторских проверок позволит вам узнать как азы, так и профессиональные хитрости аудиторского дела. Вы найдете здесь советы по оформлению бухгалтерской отчетности и финансовой документации, научитесь планировать и правильно вести аудиторскую проверку и многое другое. Эта книга может стать настольной библией бухгалтера и аудитора.



304 с., 14×20,5,  
обл.

Код 7350  
Цена  
наложенным  
платежом 92 р.

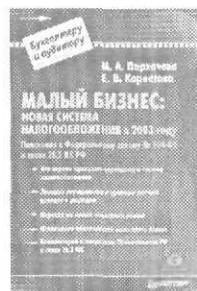
СЕРИЯ «БУХГАЛТЕРУ И АУДИТОРУ»

М. Пархачева, Е. Корнетова

## МАЛЫЙ БИЗНЕС: НОВАЯ СИСТЕМА НАЛОГООБЛОЖЕНИЯ В 2003 ГОДУ

В очередной раз Налоговый кодекс РФ дополнили новые главы. И на этот раз новации регламентируют применение специальных налоговых режимов представителями малого и среднего бизнеса. Законодатель сделал попытку шагнуть навстречу налогоплательщикам и облегчить в 2003 году налоговое бремя. Оправдаются ли эти намерения?

Данная книга поможет вам найти ответ на этот вопрос. Ее авторы дают точную характеристику особенностей упрощенной системы налогообложения, представленной в главе 26.2 НК РФ. На конкретных примерах детально рассматриваются актуальные вопросы, которые предстоит решать в повседневной практике как руководителям предприятий малого и среднего бизнеса, так и индивидуальным предпринимателям: сущность новой системы налогообложения; ограничения по ее применению; понятие единого налога и элементы налогообложения; порядок определения доходов и расходов; порядок налогового учета и др.



256 с., 14×20,5,  
обл.

Код 7354  
Цена наложенным  
платежом 92 р.

ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ДОМ  
**ПИТЕР**<sup>®</sup>  
WWW.PITER.COM

# КЛУБ ПРОФЕССИОНАЛ

В 1997 году по инициативе генерального директора **Издательского дома «Питер»** Валерия Степанова и при поддержке деловых кругов города в Санкт-Петербурге был основан **«Книжный клуб Профессионал»**. Он собрал под флагом клуба профессионалов своего дела, которых объединяет постоянная тяга к знаниям и любовь к книгам. Членами клуба являются лучшие студенты и известные практики из разных сфер деятельности, которые хотят стать или уже стали профессионалами в той или иной области.

Как и все развивающиеся проекты, с течением времени книжный клуб вырос в **«Клуб Профессионал»**. Идею клуба сегодня формируют три основные «клубные» функции:

- неформальное общение и совместный досуг интересных людей;
- участие в подготовке специалистов высокого класса (семинары, пакеты книг по специальной литературе);
- формирование и высказывание мнений современного профессионала (при встречах и на страницах журнала).

## КАК ВСТУПИТЬ В КЛУБ?

Для вступления в **«Клуб Профессионал»** вам необходимо:

- ознакомиться с правилами вступления в **«Клуб Профессионал»** на страницах журнала или на сайте [www.piter.com](http://www.piter.com);
- выразить свое желание вступить в **«Клуб Профессионал»** по электронной почте [postbook@piter.com](mailto:postbook@piter.com) или по тел. (812) 103-73-74;
- заказать книги на сумму не менее 500 рублей в течение любого времени или приобрести комплект **«Библиотека профессионала»**.

## «БИБЛИОТЕКА ПРОФЕССИОНАЛА»

Мы предлагаем вам получить все необходимые знания, подписавшись на **«Библиотеку профессионала»**. Она для тех, кто экономит не только время, но и деньги. Покупая комплект — книжную полку **«Библиотека профессионала»**, вы получаете:

- скидку **15%** от розничной цены издания, без учета почтовых расходов;
- при покупке двух или более комплектов — дополнительную скидку **3%**;
- членство в **«Клубе Профессионал»**;
- подарок — журнал **«Клуб Профессионал»**.

Закажите бесплатный журнал **«Клуб Профессионал»**.

ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ДОМ  
**ПИТЕР**<sup>®</sup>  
WWW.PITER.COM

**ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВА ИЗДАТЕЛЬСКОГО ДОМА «ПИТЕР»**  
предлагают эксклюзивный ассортимент компьютерной, медицинской,  
психологической, экономической и популярной литературы

**РОССИЯ**

**Москва** м. «Калужская», ул. Бутлерова, д. 17б, офис 207, 240; тел./факс (095) 777-54-67;  
e-mail: sales@piter.msk.ru

**Санкт-Петербург** м. «Выборгская», Б. Сампсониевский пр., д. 29а;  
тел. (812) 103-73-73, факс (812) 103-73-83; e-mail: sales@piter.com

**Воронеж** ул. 25 января, д. 4; тел. (0732) 27-18-86;  
e-mail: piter-vrn@vmail.ru; piter@comch.ru

**Екатеринбург** ул. 8 Марта, д. 267б; тел./факс (3432) 25-39-94; e-mail: piter-ural@r66.ru

**Нижний Новгород** ул. Премудрова, д. 31а; тел. (8312) 58-50-15, 58-50-25;  
e-mail: piter@infonet.nnov.ru

**Новосибирск** ул. Немировича-Данченко, д. 104, офис 502;  
тел/факс (3832) 54-13-09, (3832) 47-92-93; e-mail: piter-sib@risp.ru

**Ростов-на-Дону** ул. Калитвинская, д. 17в; тел. (8632) 95-36-31, (8632) 95-36-32;  
e-mail: jupiter@rost.ru

**Самара** ул. Новосадовая, д. 4; тел. (8462)37-06-07; e-mail: piter-volga@sama.ru

**УКРАИНА**

**Харьков** ул. Суздальские ряды, д. 12, офис 10–11, т. (057) 712-27-05, 712-40-88;  
e-mail: piter@tender.kharkov.ua

**Киев** пр. Красных Казаков, д. 6, корп. 1; тел./факс (044) 490-35-68, 490-35-69;  
e-mail: office@piter-press.kiev.ua


**БЕЛАРУСЬ**

**Минск** ул. Бобруйская д., 21, офис 3; тел./факс (37517) 226-19-53; e-mail: piter@mail.by

**МОЛДОВА**

**Кишинев** «Ауратип-Питер»; ул. Митрополит Варлаам, 65, офис 345; тел. (3732) 22-69-52,  
факс (3732) 27-24-82; e-mail: lili@auratip.mldnet.com

---

 Ищем зарубежных партнеров или посредников, имеющих выход на зарубежный рынок.  
Телефон для связи: **(812) 103-73-73.**  
**E-mail:** grigorjan@piter.com

---

 Издательский дом «Питер» приглашает к сотрудничеству авторов.  
Обращайтесь по телефонам: **Санкт-Петербург — (812) 327-13-11,**  
**Москва — (095) 777-54-67.**

---

 Заказ книг для вузов и библиотек: (812) 103-73-73.  
Специальное предложение — e-mail: kozin@piter.com

---

**Башкортостан**

Уфа, «Азия», ул. Зенцова, д. 70 (оптовая продажа),  
маг. «Оазис», ул. Чернышевского, д. 88,  
тел./факс (3472) 50-39-00.  
E-mail: asiaufa@ufanet.ru

**Дальний Восток**

Владивосток, «Приморский торговый дом книги»,  
тел./факс (4232) 23-82-12.  
E-mail: bookbase@mail.primorye.ru

Хабаровск, «Мирс»,  
тел. (4212) 30-54-47, факс 22-73-30.  
E-mail: sale\_book@bookmirs.khv.ru

Хабаровск, «Книжный мир»,  
тел. (4212) 32-85-51, факс 32-82-50.  
E-mail: postmaster@worldbooks.kht.ru

**Европейские регионы России**

Архангельск, «Дом книги»,  
тел. (8182) 65-41-34, факс 65-41-34.  
E-mail: book@atnet.ru

Калининград, «Вестер»,  
тел./факс (0112) 21-56-28, 21-62-07.  
E-mail: nshibkova@vester.ru  
<http://www.vester.ru>

**Северный Кавказ**

Ессентуки, «Россы», ул. Октябрьская, 424,  
тел./факс (87934) 6-93-09.  
E-mail: rossy@krmw.ru

**Сибирь**

Иркутск, «ПродаЛитЪ»,  
тел. (3952) 59-13-70, факс 51-30-70.  
E-mail: prodalit@irk.ru  
<http://www.prodalit.irk.ru>

Иркутск, «Антей-книга»,  
тел./факс (3952) 33-42-47.  
E-mail: antey@irk.ru

Красноярск, «Книжный мир»,  
тел./факс (3912) 27-39-71.  
E-mail: book-world@public.krasnet.ru

Нижневартовск, «Дом книги»,  
тел. (3466) 23-27-14, факс 23-59-50.  
E-mail: book@nvartovsk.wsnet.ru

Новосибирск, «Топ-книга»,  
тел. (3832) 36-10-26, факс 36-10-27.  
E-mail: office@top-kniga.ru  
<http://www.top-kniga.ru>

Тюмень, «Друг»,  
тел./факс (3452) 21-34-82.  
E-mail: drug@tyumen.ru

Тюмень, «Фолиант»,  
тел. (3452) 27-36-06, факс 27-36-11.  
E-mail: foliant@tyumen.ru

Челябинск, ТД «Эврика», ул. Барбюса, д. 61,  
тел./факс (3512) 52-49-23.  
E-mail: evrika@chel.surnet.ru

**Татарстан**

Казань, «Таис»,  
тел. (8432) 72-34-55, факс 72-27-82.  
E-mail: tais@bancorp.ru

**Урал**

Екатеринбург, магазин № 14,  
ул. Челюскинцев, д. 23,  
тел./факс (3432) 53-24-90.  
E-mail: gvardia@mail.ur.ru

Екатеринбург, «Валео-книга»,  
ул. Ключевская, д. 5,  
тел./факс (3432) 42-56-00.  
E-mail: valeo@etel.ru