

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Витебский государственный технологический университет»

Е.Ю. Вардомацкая, Т.Н. Окишева

ИНФОРМАТИКА

В двух частях
Часть II. Excel

*Допущено Министерством образования
Республики Беларусь
в качестве учебного пособия для студентов
учреждений, обеспечивающих получение
высшего образования по специальностям
легкой промышленности*

Библиотека ВГТУ



Витебск
2007

УДК 004.9(075.8)

ББК 32.81

В 18

Авторы: Вардомацкая Е. Ю. (1.1, 1.2, 2, 3, 7, 8, 10),
Окишева Т. Н. (1.3, 1.4, 1.5, 4, 5, 6, 9)

Рецензенты: кафедра «Полиграфическое оборудование и системы обработки информации» Белорусского государственного технологического университета (заведующий кафедрой кандидат технических наук доцент Юденков В. С.);

доктор технических наук профессор кафедры «Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем» Белорусского национального технического университета Ковалевский В. Б.

Вардомацкая, Е. Ю.
В 18 Информатика. В двух частях. Часть II. Excel : учебное пособие /
Е. Ю. Вардомацкая, Т. Н. Окишева. – Витебск : УО «ВГТУ», 2007. –
238 стр.

ISBN 985-481-074-7

Изложены основные категории встроенных функций табличного процессора MS Excel. Рассмотрена технология выполнения экономических, инженерно-экономических и финансовых расчетов средствами MS Excel. Приведены варианты задач различного уровня сложности для самостоятельной работы и закрепления полученных знаний по теме.

Пособие предназначено для студентов технологических и экономических специальностей, а также инженерно-экономических работников текстильной и легкой промышленности.

УДК 004.9(075.8)

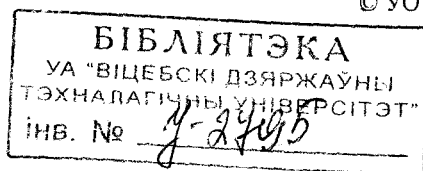
ББК 32.81

ISBN 985-481-074-7

© Вардомацкая Е. Ю., 2007

© Окишева Т. Н., 2007

© УО «ВГТУ», 2007



ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	5
Глава 1. Основы работы с табличным процессором EXCEL	7
1.1. Основные понятия	7
1.2. Построение и форматирование таблиц.....	10
1.3. Вычисления в таблицах.....	12
1.4. Встроенные функции.....	16
1.5. Средства деловой графики.....	17
Глава 2. Математические функции Excel	20
2.1. Функции для выполнения арифметических операций.....	20
2.2. Функции округления	21
2.3. Функции для работы с векторами	22
2.4. Реализация расчета статей бюджета в Excel	23
2.5. Задания для самостоятельной работы	27
Глава 3. Логические функции EXCEL	35
3.1. Функция ЕСЛИ	35
3.2. Функции И и ИЛИ	37
3.3. Функции ИСТИНА и ЛОЖЬ	37
3.4. Функция НЕ	38
3.5. Использование логических функций	38
3.6. Задания для самостоятельной работы	46
Глава 4. Функции категории «Ссылки и массивы»	53
4.1. Функции для работы со ссылками на ячейки.....	53
4.2. Функции для работы с массивами данных.....	56
4.3. Функции ВПР и ГПР.....	58
4.4. Функции ВЫБОР и ПОИСКПОЗ.....	64
4.5. Функция ПРОСМОТР.....	68
4.6. Задания для самостоятельной работы.....	72
Глава 5. Статистические функции EXCEL	85
5.1. Определение числа элементов совокупности.....	86
5.2. Вычисление средних значений случайной величины.....	89
5.3. Вычисление дисперсии случайной величины.....	94
5.4. Поиск минимального и максимального значений в выборке.....	98
5.5. Характеристики распределения случайных величин.....	100
5.6. Задания для самостоятельной работы.....	103
Глава 6. Работа с векторами и матрицами	112
6.1. Элементы линейной алгебры.....	112
6.2. Произведение матриц. Функция МУМНОЖ.....	114
6.3. Функции МОПРЕД и МОБР.....	115
6.4. Реализация методов решения систем линейных алгебраических уравнений.....	119
6.5. Задания для самостоятельной работы.....	126
Глава 7. Финансовый анализ данных	131
7.1. Анализ инвестиций.....	132
7.1.1. Функция ПС (PV).....	132
7.1.2. Функция ЧПС (NPV).....	137
7.1.3. Функция БС (FV).....	140
7.1.4. Функции ПЛТ (PMT).....	142

7.1.5. Функция ПРЛПТ (IMPT).....	143
7.1.6. Функция ОСЛПТ (PMPT).....	143
7.2. Доходы от ценных бумаг.....	145
7.2.1. Функция ВСД (IRR).....	145
7.2.2. Функция СТАВКА (RATE).....	147
7.2.3. Функция МВСД (MIRR).....	148
7.3. Расчет амортизации.....	149
7.3.1. Функция АПЛ.....	150
7.3.2. Функция АСЧ.....	150
7.3.3. Функция ДДОБ.....	152
7.4. Задания для самостоятельной работы.....	153
Глава 8. Программирование функций в EXCEL.....	156
8.1. Основные понятия языка VBA.....	156
8.1.1. Простые типы данных.....	156
8.1.2. Объявление данных.....	157
8.1.3. Операторы.....	158
8.1.4. Встроенные функции VBA.....	161
8.2. Создание пользовательских функций.....	161
8.3. Задания для самостоятельной работы.....	168
Глава 9. Решение алгебраических и трансцендентных уравнений.....	175
9.1. Основные понятия.....	175
9.2. Реализация метода простой итерации.....	176
9.3. Реализация метода Ньютона.....	180
9.4. Реализация метода половинного деления (дихотомии).....	183
9.5. Выбор метода решения уравнения.....	187
9.6. Решение уравнений с использованием инструмента «Подбор параметра».....	191
9.7. Задания для самостоятельной работы.....	193
Глава 10. Статистический анализ данных. Элементы прогнозирования.....	194
10.1. Линейная регрессионная модель.....	195
10.1.1. Функции НАКЛОН и ОТРЕЗОК.....	196
10.1.2. Функция КОРРЕЛ.....	197
10.1.3. Расчет однофакторной регрессионной модели графическим способом.....	199
10.1.4. Функция ПРЕДСКАЗ.....	201
10.1.5. Функция ТЕНДЕНЦИЯ.....	202
10.1.6. Функция ЛИНЕЙН.....	203
10.1.7. Настройка «Пакет анализа».....	208
10.2. Экспоненциальная регрессионная модель.....	213
10.2.1. Функции ЛГРФПРИБЛ и РОСТ.....	213
10.3. Задания для самостоятельной работы.....	215
Приложение А. Функции категории «Ссылки и массивы».....	219
Приложение Б. Статистические функции Excel.....	221
Приложение В. Работа с векторами и матрицами.....	224
Приложение Г. Финансовый анализ данных.....	226
Приложение Д. Функции пользователя.....	232
Приложение Е. Решение алгебраических и трансцендентных уравнений.....	236
Литература.....	237

ПРЕДИСЛОВИЕ

Современная легкая промышленность представляет собой технически сложную и высокоразвитую отрасль экономики Республики Беларусь. Современные инновационные технологии позволяют совершенствовать эффективность производства, путем внедрения передовых форм организации труда, многовариантного обоснования принимаемых решений, улучшения учета и анализа хозяйственной деятельности.

Одной из важнейших задач при подготовке специалистов для легкой промышленности является формирование не только общей информационной культуры, но и освоение основных приемов работы с пакетами прикладных программ для выполнения инженерно-технических, финансовых и экономических расчетов. С этой целью в учебные планы экономических и технологических специальностей соответствующих вузов введены такие курсы как «Информатика», «Информатика, численные методы и компьютерная графика», «Основы информатики и вычислительной техники», «Современные информационные технологии».

Данное пособие направлено на изучение разделов вышеназванных курсов в соответствии с действующими учебными программами и призвано помочь студентам закрепить полученные знания на конкретном материале, а также получить практические навыки решения задач, связанных с будущей специальностью, средствами современных компьютерных технологий.

Настоящее пособие состоит из двух частей. Часть I раскрывает базовые понятия курса информатики: технические и программные средства персональных компьютеров, основы алгоритмизации, основы программирования на алгоритмическом языке, компьютерное моделирование инженерно-технологических задач. Часть II посвящена анализу и описанию возможностей использования пакетов прикладных программ для решения инженерно-технических, финансовых и экономических задач.

Наиболее популярным и практически значимым прикладным пакетом является табличный процессор Microsoft Excel, входящий в состав Microsoft Office, поэтому авторы сознательно выделили рассмотрение теоретических и практических основ работы с ним в отдельную часть.

Пособие состоит из десяти глав. Каждая глава включает в себя теоретический материал, содержащий основные определения и форматы описываемых функций, примеры использования этих функций при решении инженерно-технических, экономических или финансовых задач, и варианты заданий различного уровня сложности для закрепления полученных знаний по теме и самостоятельной работы.

Содержание учебного пособия не зависит от конкретной версии Excel. Все рассматриваемые примеры функционируют одинаково в любой из доступ-

ных в настоящее время версий Microsoft Excel 97/2000/ 2002(XP), 2003, поэтому по всему тексту используется обозначение «Excel».

При подготовке данного учебного пособия авторы исходили из того, что читатель уже знаком с интерфейсом операционной системы Windows и имеет навыки работы с офисными приложениями. Поэтому вопросы, связанные с работой с Excel, как с одним из приложений Microsoft Office, представлены вкратце, а внимание акцентируется на специализированных функциях табличного процессора, необходимых для проведения финансовых, экономических или инженерно-технологических расчетов.

Авторы предлагают методики решения профессиональных задач средствами Microsoft Excel, сознательно избегая сложных математических выкладок. Основное внимание уделяется практике применения этих методик, экономико-организационным постановкам и моделированию задач, подготовке исходных данных. Предлагаемые примеры и задания основаны на практических материалах, собранных авторами на предприятиях Республики Беларусь, или представленных в ряде специальных изданий, предназначенных для работников данной отрасли. Разобранные примеры и предложенные варианты заданий могут использоваться при проведении лабораторного практикума. Пособие также может быть полезным студентам других специальностей, в том числе при выполнении курсовых и дипломных работ.

При изложении материала авторы стремились также к тому, чтобы он был полезен и инженерно-техническим работникам отрасли.

Учебное пособие базируется на материале лекций, читаемых авторами студентам экономического и художественно-технологического факультетов Витебского государственного технологического университета.

Глава 1 подготовлена Вардомацкой Е.Ю и Окишевой Т.Н, главы 2, 3, 7, 8, 10 – Вардомацкой Е.Ю., главы 4, 5, 6, 9 – Окишевой Т.Н.

Авторы выражают искреннюю благодарность и глубокую признательность уважаемым рецензентам: доктору технических наук, профессору кафедры «Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем» Белорусского национального технического университета Ковалевскому В.Б. и заведующему кафедрой «Полиграфическое оборудование и системы обработки информации» Белорусского государственного технологического университета, кандидату технических наук, доценту Юденкову В.С. за ценные конструктивные замечания, способствующие повышению научно-методического уровня рукописи.

Авторы благодарят коллектив кафедры информатики и редакционно-издательский совет Витебского государственного технологического университета, оказавших помощь и поддержку в процессе работы над пособием.

ГЛАВА 1. ОСНОВЫ РАБОТЫ С ТАБЛИЧНЫМ ПРОЦЕССОРОМ EXCEL

Настоящая глава посвящена рассмотрению основных базовых понятий табличного процессора Excel, таких как рабочий лист, ячейка, адрес, ссылка и др., описанию основных принципов построения и форматирования электронных таблиц. Особое внимание уделено правилам составления формул для выполнения вычислений в таблицах. Рассмотрены также возможности средств деловой графики.

Теоретический материал проиллюстрирован примерами, каждый из которых сопровождается подробными разъяснениями.

1.1. Основные понятия

Электронная таблица (ЭТ) – интерактивная система обработки данных, представляющая собой прямоугольную таблицу, ячейки которой могут содержать числа, текстовые данные или формулы, задающие зависимость значения ячейки от других ячеек [1]. Электронная таблица представляет собой двумерный массив из столбцов и строк.

Табличный процессор (ТП) – это набор языковых и программных средств, предназначенный для создания электронных таблиц, заполнения их данными и последующей их обработки.

Простота работы и большой спектр возможностей табличных процессоров способствовали их широкому распространению. Быстрый ввод информации в электронную таблицу за счет использования операции копирования одинаковых данных, большое количество стандартных функций, автоматический перерасчет при изменении исходных данных в таблице существенно сократили время на проведение различных расчетов, а возможность графической интерпретации данных таблицы в виде графиков и диаграмм позволила пользователю визуально представить полученные результаты.

Табличный процессор Excel является наиболее популярной программой для работы с электронными таблицами и входит в пакет Microsoft Office в качестве программного приложения. Он предоставляет следующие возможности:

- обеспечивает создание, обработку и расчет разнообразных таблиц;
- позволяет осуществлять их редактирование, форматирование, использовать различные шрифты;
- предоставляет средства для создания деловой графики (различные типы и форматы диаграмм);
- облегчает переход между приложениями различных операционных систем;

- обеспечивает совместимость со всеми программными продуктами семейства Microsoft Office;

- предоставляет возможность работы с базами данных как непосредственно, так и при помощи специального языка запросов;

- облегчает связывание различных таблиц для сложных и объемных вычислений;

- обладает большим набором специальных функций для автоматизации обработки и расчетов;

- обеспечивает обмен данными как внутри Excel, так и с другими приложениями Windows через буфер обмена, DDE (динамический обмен данными), OLE (связь и внедрение объектов) и преобразование форматов (программы фильтрации и конвертирования);

- позволяет автоматизировать наиболее употребляемые процессы за счет использования макрокоманд. Поддерживает способы, как автоматического создания макрокоманд, так и программирования с помощью специального встроенного языка программирования Visual Basic for Applications;

- разрешает использование открытого интерфейса с базами данных.

Рабочая книга. Документом Excel является *рабочая книга*, которая состоит из *рабочих листов*. В книгу можно добавлять рабочие листы, удалять их, присваивать им определенные имена, перемещать и копировать их. Для этого можно воспользоваться соответствующими командами из динамического меню, вызвав его нажатием правой кнопки мыши на имени листа.

Для различных форм представления данных используются листы различных типов. Например, диаграммы сохраняются и обрабатываются в листах диаграмм, а макрокоманды – в листах макросов.

Количество листов рабочей книги регулируется пользователем. По умолчанию их предполагается три с именами *Лист1-Лист3*. Кроме того, имена листов могут присваиваться пользователем произвольно в зависимости от содержимого листа.

Каждый рабочий лист (таблица) разделен на *строки* и *столбцы* и служит основой для выполнения вычислений. Количество строк и столбцов рабочего листа зависит от версии табличного процессора Excel. Например, рабочий лист книги, создаваемой в версии Microsoft Excel 2000, может содержать до 256 столбцов и 65536 строк.

Ячейка. Основным понятием электронных таблиц вообще и листа рабочей книги табличного процессора Excel в частности является *ячейка*, то есть область на пересечении строки и столбца (рис. 1.1). Она может содержать данные в виде текста, числовых значений или формул для вычислений. Ячейка, в которой в настоящее время находится табличный курсор, называется *активной* или *текущей*.

Адрес ячейки. Адрес определяет местоположение любой ячейки в рабочей книге. Формат адресов в Excel представлен двумя видами: *A1-формат* и

RIC1-формат. В первом случае столбцы именуются буквами, например, А, В, С ... и так далее или сочетаниями букв, например, АQ, ВU, IV. Строки нумеруются числами, например, 1, 2, 3 ... Таким образом, адрес ячейки, образующейся на пересечении третьей строки и четвертого столбца, в А1-формате выглядит так: D3.

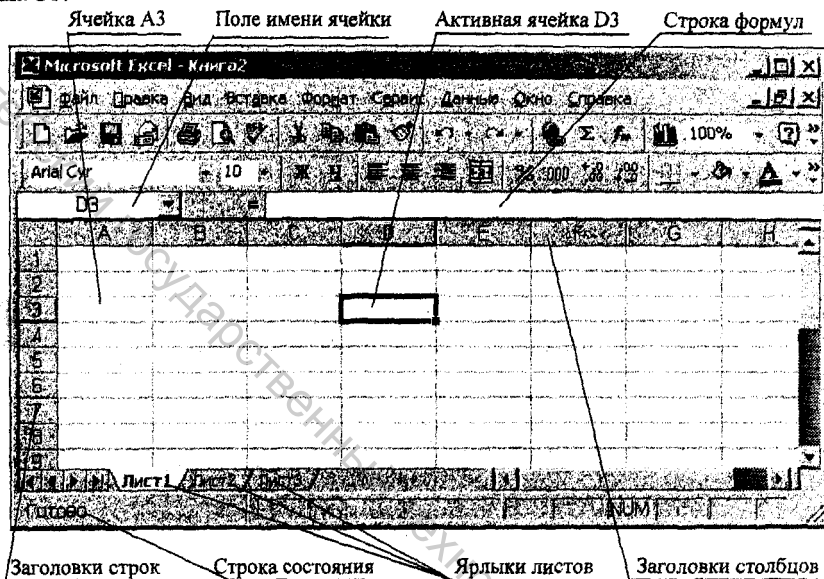


Рис. 1.1. Структура окна Excel

Во втором случае используется буквенно-цифровое обозначение: для строк (R – Row – строка) – от R1 до R65536, для столбцов (C – Column – столбец) – от C1 до C256 (для версии Microsoft Excel 2000). Например, адрес ячейки, образующейся на пересечении третьей строки и четвертого столбца, в RIC1-формате выглядит так: R3C4. Изменить формат адресации можно, выбрав из меню *Сервис* команду *Параметры*, а затем на вкладке *Общие* установить или снять флажок возле опции *Стиль ссылок RIC1*.

При необходимости задать ссылку на некоторую ячейку, находящуюся на другом листе, указывается имя этого листа и адрес ячейки, например, =Лист1!B3. Если необходимо сослаться на ячейку, находящуюся в другой книге, то указывается имя этой книги, имя листа этой книги и адрес ячейки. Например, =[Книга]задача!B2. Здесь Книга – имя книги Excel, в которой расположена нужная ячейка, задача – имя листа, содержащего необходимую ячейку, B2 – адрес конкретной ячейки.

Адреса ячеек в MS Excel могут быть заданы в виде диапазона или блока.

Диапазон – группа смежных ячеек в строке или столбце. Для ссылки на диапазон необходимо задать адрес первой и последней ячеек диапазона через двоеточие, например, A1:A5.

Блок – группа смежных ячеек в нескольких строках и столбцах. Для ссылки на блок необходимо задать адрес верхней левой и нижней правой ячеек блока через двоеточие, например, A1:E5.

1.2. Построение и форматирование таблиц

Для построения таблицы в соответствующие ячейки рабочего листа следует внести названия заголовков столбцов таблицы и исходные данные, в качестве которых могут выступать числа, текст, даты и время.

Числовое значение представляется в ячейке в соответствии с заданным числовым форматом, например, число 100000 представлено в *общем* формате, число 100 000 – в *числовом*, с *разделителем групп разрядов*, *ноль знаков после запятой*.

Для изменения формата данных используется меню *Формат* → *Ячейки*, где в окне *Число* можно задать необходимый формат представления данных.

Текст при вводе в ячейку имеет общий формат. Если длина текста превышает ширину ячейки, то он занимает ячейки, расположенные справа от активной. Если они непустые, то видимая часть текста усекается до ширины активной ячейки. Просмотреть содержимое ячейки в этом случае можно либо в строке формул, либо изменив параметры ячейки (высоту, ширину, установив перенос по словам и т.д.).

Числовые значения по умолчанию выравниваются по правому краю, текст – по левому краю.

Даты вводятся в формате *День.Месяц.Год*, причем в качестве разделителя может использоваться как точка, так и символы «.» и «-». Например, дату 12 мая 2006 года можно задать следующими способами: 12.05.06, 12/05/06, 12-05-06. Даты, как и числовые значения, выравниваются по правому краю.

Команды меню *Формат* используются для форматирования ячеек, строк, столбцов и листов рабочей книги Excel. Под форматированием ячейки понимается указание формата данных, расположенных в ячейке (общий, текстовый, числовой и т.д.), выравнивание данных по вертикали и горизонтали, ориентация, отображение, изменение вида, размера, цвета, начертания шрифта, прорисовка границ и т.д.

Для изменения параметров выравнивания выделяется соответствующий блок ячеек и в меню *Формат* выбирается команда *Ячейки* → *Выравнивание*. В открывшемся окне (рис. 1.2) устанавливается необходимое выравнивание данных по вертикали и горизонтали, например, по центру, а также перенос по сло-

вам. Для создания объединенной ячейки соответствующая группа ячеек выделяется, и устанавливается флажок в окне *Объединение ячеек*.

Одним из способов изменения ширины столбца или высоты строки является использование команд из меню *Формат*: *Формат* → *Столбец* → *Автоподбор ширины* или *Формат* → *Строка* → *Автоподбор высоты*, либо перемещение указателя мыши в область заголовков на правую границу того столбца или строки, размер которых надо изменить, и выполнение двойного щелчка.

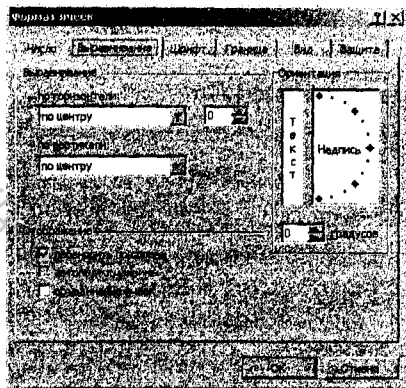


Рис. 1.2. Окно *Формат ячейки*

Для прорисовки границ в таблице служит команда меню *Формат*: *Формат* → *Ячейки* → *Границы*, где задается тип линии и диапазон, к которой относится линия.

Для изменения шрифта также можно использовать команды меню *Формат*: *Формат* → *Ячейки* → *Шрифт*, где выбирается необходимый вид шрифта, начертание и его размер в пунктах. Кроме того, можно задать его видоизменение – зачеркнутый, верхний или нижний индекс.

Если при построении таблицы появилась необходимость переместить содержимое блока ячеек или одной ячейки, это можно сделать, скопировав содержимое этих ячеек (ячейки) или переместив их. И при копировании, и при перемещении на первом этапе следует выделить ту ячейку (блок ячеек), содержимое которой необходимо копировать или перемещать.

Одним из способов копирования является использование буфера обмена. Для этого необходимо выделить ячейку (или диапазон ячеек), в которой расположена формула, из меню *Правка* выбрать команду *Копировать*, выделить ячейку или диапазон ячеек, где должна находиться формула и вставить ее с помощью команды *Вставить* меню *Правка*. Эти команды также находятся на пиктографическом меню панели *Стандартная*.

Копирование в смежные ячейки, расположенные слева, справа, сверху или внизу от копируемой ячейки, можно осуществить, используя указатель выделенного блока (маркер заполнения) – маленький черный квадрат, расположенный в нижнем правом углу выделенного блока. Для такого копирования следует выделить блок, содержимое которого нужно скопировать, и поместить указатель мыши в этот указатель блока. При этом указатель мыши превратится в крестик. После этого необходимо нажать клавишу мыши и тащить рамку на смежные ячейки. Перемещение рамки допускается только по горизонтали или вертикали.

1.3. Вычисления в таблицах

Формулы. Все вычисления в электронных таблицах производятся с помощью формул. Любая формула в MS Excel должна начинаться со знаков «равно», «плюс» или «минус». Без этих знаков формула интерпретируется как текст. Каждая формула состоит из операторов и операндов.

Операнд – это числовое значение, текст, ссылка на ячейку или группы ячеек. В качестве операндов могут выступать и встроенные функции Excel.

Оператор – это знак операции, которую следует выполнить над операндами формулы. Операторы Excel можно классифицировать следующим образом: арифметические, текстовые, операторы сравнения и операторы ссылок.

Арифметические операторы служат для выполнения арифметических действий над числами. В таблице 1.1 представлены арифметические операторы, которые могут использоваться в Excel.

Таблица 1.1. Арифметические операторы

Обозначение	Название	Действие
+	Знак плюс	Сложение
-	Знак минус	Вычитание
*	Звездочка	Умножение
/	Косая черта	Деление
%	Знак процента	Вычисление процента от числа
^	Тильда	Возведение в степень

Операторы сравнения используются для сравнения двух значений. Результатом сравнения является логическое значение ИСТИНА или ЛОЖЬ. Используются следующие операторы сравнения: = (знак равенства), > (знак больше), < (знак меньше), >= (знак больше или равно), <= (знак меньше или равно), <> (знак не равно).

Текстовый оператор конкатенации (амперсанд) используется для объединения нескольких текстовых строк в одну строку и обозначается &.

Оператор ссылки служит для описания ссылок на диапазоны или блоки, то есть группы смежных ячеек.

Возможно использование следующих операторов ссылок:

:(двоеточие) – ставится между ссылками на первую и последнюю ячейки диапазона, например, B5:B15, или блока, например, B5:E15.

;(точка с запятой) – оператор объединения, объединяет несколько ссылок в одну ссылку, например, =СУММ(B5:B15;D5:D15);

(пробел) – оператор пересечения множеств, служит для ссылки на общие ячейки двух диапазонов, например, (B7:D7 C6:C8).

При организации вычислений формулы можно копировать из ячейки в ячейку, при этом адреса ячеек, указанные в формулах могут изменяться в соответствии с типом ссылки, используемой в формуле.

Ссылкой на ячейку (ссылкой на адрес ячейки) называется указание адреса этой ячейки в формуле или функции Excel.

Различают относительную ссылку на ячейку, абсолютную ссылку на ячейку и смешанную ссылку на ячейку.

Относительная ссылка на ячейку записывается в виде последовательности заголовков столбца и строки, например, A3, D4. Ее особенность заключается в том, что при переносе формулы на некоторое число позиций эта ссылка на ячейку заменяется ссылкой на другую ячейку, смещенную относительно исходной на такое же число позиций и в том же направлении, что и формула [2].

Абсолютная ссылка на ячейку записывается с использованием знака \$, например, \$A\$4, \$A\$2, и при переносе формулы из одной ячейки в другую адрес ячейки, на которую ссылается формула, остается неизменным.

Смешанная ссылка на ячейку представляет собой сочетание относительной и абсолютной ссылок и для записи также использует знак \$, например, \$A3, B\$2. При копировании формулы каждая часть ссылки ведет себя соответственно указанному адресу: абсолютная часть адреса остается неизменной, относительная часть адреса меняется.

Использование формул с относительными, абсолютными и смешанными ссылками на ячейки проиллюстрируем примером 1.1.

Пример 1.1

В ячейках листа Excel расположены следующие данные:

	A	B	C	D
1	2	3		
2	3	4		

Определить, какие значения принимают ячейки D1, C2 при копировании формулы, введенной в ячейку C1, если формула имеет вид:

1. =A1*B1.

2. =A\$1*B\$1.

3. =\$A\$1*B1.

Решение

1 вариант формулы. Согласно формуле, $C1=2*3=6$. Абсолютная ссылка на столбцы А и В указывает, что адреса данных столбцов при копировании формулы в ячейку D1 остаются неизменными, изменяется только адрес строки. Так как необходимо рассчитать значение в ячейке D1, находящейся в той же строке, что и исходная формула, ее адрес меняться не будет, следовательно, $D1=2*3=6$.

При копировании формулы в ячейку C2 изменится адрес строки, формула в этой ячейке приобретет вид: $=\$A2*\$B2$. Следовательно, $C2=3*4=12$.

2 вариант формулы. Ячейка D1 находится в той же строке, что и исходная формула, поэтому, несмотря на наличие или отсутствие абсолютной ссылки на строку в исходной формуле, при копировании формулы в ячейку D1 адрес данной строки останется неизменным, изменятся адреса столбцов А и В. Поэтому в ячейке D1 формула будет иметь вид: $=B\$1*C\1 , и, значит, $D1=3*6=18$.

При копировании формулы в ячейку C2 адрес строки не будет меняться, так как он является абсолютным. Следовательно, формула в ячейке C2 приобретет вид: $=A\$1*B\1 . Таким образом, $C2=2*3=6$.

3 вариант формулы. При копировании формулы указанного вида в ячейку D1 адрес ячейки $\$A\1 останется неизменным, изменится относительный адрес ячейки B1. Формула в ячейке D1 будет иметь вид: $=\$A\$1*C1$, поэтому $D1=2*6=12$.

При копировании формулы в ячейку C2 адрес ячейки $\$A\1 также останется постоянным, изменится адрес второго множителя (ячейки B1), формула в ячейке C2 приобретет вид: $=\$A\$1*B2$. Следовательно, $C2=2*4=8$.

При организации вычислений можно использовать *именованные ячейки, именованные диапазоны, именованные блоки*. В этом случае адреса ячеек, диапазонов и блоков при копировании формул останутся неизменными.

Для создания именованной ячейки, диапазона или блока необходимо выделить требуемую ячейку, диапазон или блок, установить табличный курсор в поле имени ячейки (рис. 1.1), ввести в это поле имя и нажать клавишу ENTER.

Рассмотрим использование в формулах абсолютного адреса ячейки и именованной ячейки на примере определения расчетного такта потока (времени, по которому согласуются все операции технологического процесса).

Пример 1.2

Определить расчетный такт швейного потока, если известен такт потока и его отклонение. Такт потока – 75 с.

Отклонение от такта потока, %	Расчетный такт потока, с
80	
90	
100	
110	

Расчетный такт потока вычисляется по формуле

Расчетный такт потока = Такт потока * Отклонение от такта потока/100.

Решение

Разместим исходные данные на листе Excel так, как показано на рис. 1.3.

Выполним форматирование таблицы, как указано в разделе *Форматирование таблиц*. Вычисление расчетного такта потока возможно двумя способами:

- 1) с присвоением имени Такт ячейке B2;
- 2) с использованием абсолютной ссылки на ячейку B2.

Способ 1.

Присвоим ячейке B2 имя Такт. Для этого выделим ячейку B2, установим курсор в поле имени ячейки, введем имя Такт в это поле и нажмем клавишу ENTER.

В ячейку B4 введем формулу $=A4*\text{Такт}/100$. Скопируем ее в ячейки B5:B7 (рис. 1.3 и рис. 1.4).

Способ 2.

В ячейку B4 введем формулу $=A4*\$B\$2/100$. Скопируем ее в ячейки B5:B7. (рис. 1.3 и рис. 1.4).

Такт	75
Результаты	
Такт потока, с	75
Отклонение от такта потока, %	Расчетный такт потока, с
80	60
90	67,5
100	75
110	82,5

Рис. 1.3. Результаты решения примера 1.2

B2	75	Такт	75
1 способ		2 способ	
Такт потока, с	75	Такт потока, с	75
Отклонение от такта потока, %	Расчетный такт потока, с	Отклонение от такта потока, %	Расчетный такт потока, с
80	$=\$B\$2*A4/100$	80	$=\text{Такт}*A4/100$
90	$=\$B\$2*A5/100$	90	$=\text{Такт}*A5/100$
100	$=\$B\$2*A6/100$	100	$=\text{Такт}*A6/100$
110	$=\$B\$2*A7/100$	110	$=\text{Такт}*A7/100$

Рис. 1.4. Расчеты примера 1.2 терминах ячеек листа Excel

Этот пример иллюстрирует, как использование именованных ячеек избавляет от необходимости указывать в формуле абсолютную ссылку на ячейку.

1.4. Встроенные функции

Функция в Excel представляет собой объединение нескольких вычислительных операций над значениями, выступающими как аргументы, для решения определенной задачи.

Аргументы – значения исходных данных для функции, используемые для выполнения операций или вычислений. Аргументы функции должны быть указаны в порядке, определенном для данной функции. Каждый из них должен иметь требуемый данной функцией тип. Аргументами функции могут являться числовые значения, ссылки на ячейки, диапазоны, имена, текстовые строки, выражения и вызовы других функций.

В Excel для упрощения расчетов имеется широкий набор встроенных функций, которые делятся на категории. Каждая из этих категорий включает функции, обеспечивающие определенные вычисления. Краткая характеристика категорий функций Excel приведена в таблице 1.2.

Таблица 1.2. Краткая характеристика категорий функций Excel

Категория	Краткая характеристика
Финансовые	Функции для осуществления типичных финансовых расчетов
Дата и время	Функции для анализа и работы со значениями даты и времени в формулах
Математические	Содержит арифметические и тригонометрические функции, позволяющие производить простые и сложные математические вычисления
Статистические	Функции для выполнения статистического анализа диапазонов данных
Ссылки и массивы	Функции для осуществления поиска в списках или таблицах, нахождения ссылок к ячейке
Работа с базой данных	Функции для работы со списками
Текстовые	Функции для выполнения действий над строками текста
Логические	Функции для проверки выполнения одного или нескольких условий
Проверка свойств и значений	Функции для проверки свойств и значений данных, вводимых в ячейки
Инженерные	Функции для выполнения инженерного анализа. Их можно разделить на три группы: ▪ Функции для работы с комплексными числами ▪ Функции для преобразования чисел из одной системы счисления в другую ▪ Функции для преобразования величин из одной системы мер и весов в другую
Информационные	Для определения типа данных, хранимых в ячейке. Проверяют выполнение какого-то условия и возвращают в зависимости от результата значение ИСТИНА или ЛОЖЬ.

Следует заметить, что пользователь может разрабатывать и собственные функции с помощью языка Visual Basic For Applications. В этом случае формируется категория «Определенные пользователем».

Доступ к функциям производится с помощью *мастера функций*, кнопка вызова которого  находится на панели *Стандартная* пиктографического меню.

Для упрощения работы десять функций, с которыми наиболее часто работает пользователь, собраны в группу «10 недавно использовавшихся», обращение к которой возможно с помощью вызова мастера функций. Кроме того, все функции Excel представлены в полном алфавитном перечне мастера функций.

1.5. Средства деловой графики

Данные из рабочих листов Excel можно представить в виде разнообразных диаграмм, которые объединены общим понятием «*деловая графика*».

Диаграммы – это графическое представление взаимосвязей между рядами данных для облегчения их сравнения.

Ряд данных представляет собой группу связанных точек диаграммы, построенной на основе значений одной строки или столбца таблицы. На диаграмме в зависимости от ее типа может быть отображен один или несколько рядов данных.

Excel предлагает стандартные и нестандартные двумерные и трехмерные диаграммы различных типов. Каждый тип стандартных диаграмм имеет несколько разновидностей.

Диаграммы можно строить как на рабочих листах с данными, так и на отдельных листах рабочей книги в любом месте. Диаграммы можно совмещать, накладывать друг на друга. При построении диаграммы следует выбирать такой ее тип, который наиболее полно и понятно отобразит полученные результаты.

Деловая графика Excel представлена следующими типами стандартных диаграмм.

Гистограмма позволяет представить изменение данных на протяжении отрезка времени. Диаграммы этого типа удобны для наглядного сравнения различных величин. Ось категорий в гистограмме располагается по горизонтали, ось значений – по вертикали. Гистограмма с накоплением позволяет представить отношение отдельных составляющих к их совокупному значению. На объемной гистограмме с перспективой сравниваемые значения располагаются в плоскости.

Линейчатая диаграмма позволяет сравнивать отдельные значения. Ось категорий расположена по вертикали, ось значений – по горизонтали. Это позволяет уделять большее внимание сопоставлению значений и меньшее - изме-

нениям во времени. Линейчатая диаграмма с накоплением показывает вклад отдельных элементов в общую сумму.

График отражает тенденции изменения данных за равные промежутки времени.

Круговая диаграмма показывает как абсолютную величину каждого элемента ряда данных, так и его вклад в общую сумму. На ней может быть представлен только один ряд данных. Этот тип рекомендуется использовать, когда необходимо подчеркнуть какой-либо значительный элемент. Для облегчения работы с маленькими секторами в основной диаграмме их можно объединить в один элемент, а затем разбить их в отдельную диаграмму рядом с основной.

Кольцевая диаграмма показывает вклад каждого элемента в общую сумму, но, в отличие от круговой диаграммы, она может содержать несколько рядов данных. Каждое кольцо в кольцевой диаграмме представляет отдельный ряд данных.

Биржевая диаграмма отображает наборы данных из нескольких значений курсов акций и используется для демонстрации цен на них.

Точечная диаграмма отображает взаимосвязь между числовыми значениями в нескольких рядах или представляет две группы чисел в виде одного ряда точек в координатах XY. Она обычно используется для представления данных научного характера. При подготовке данных все значения переменной X следует расположить в одной строке или столбце, а соответствующие значения Y - в смежных строках или столбцах.

Диаграмма с областями подчеркивает величину изменения в течение определенного периода времени, показывая сумму введенных значений, а также отображает вклад отдельных значений в общую сумму.

Пузырьковая диаграмма является разновидностью точечной диаграммы. Размер маркера данных указывает значение третьей переменной.

Лепестковая диаграмма позволяет сравнивать совокупные значения нескольких рядов данных. В ней все категории имеют собственные оси координат, расходящиеся лучами из начала координат. Линиями соединяются значения, относящиеся к одному ряду.

Поверхность используется для поиска наилучшего сочетания в двух наборах данных. Здесь области, относящиеся к одному диапазону значений, выделяются одинаковым цветом или узором.

Для создания и форматирования диаграммы Excel предлагает специальную программу *Мастер диаграмм*, которая за четыре шага позволяет построить диаграмму любого типа. Для вызова мастера можно воспользоваться командой

Диаграмма из меню *Вставка*, либо пиктограммой , расположенной на панели *Стандартная* пиктографического меню. Переход к каждому следующему шагу осуществляется нажатием кнопки *Далее*.

Для построения диаграммы следует выделить нужные значения. Если для построения используются данные, расположенные в несмежных диапазонах ячеек, то выделение ячеек производится при нажатой клавише <CTRL>.

1-й шаг. Выбирается тип диаграммы в соответствии с решаемой задачей (рекомендуемый тип – гистограмма).

2-й шаг. На вкладке *Диапазон* указывается расположение данных – в строках или в столбцах и подтверждается выбранный диапазон ячеек. На вкладке *Ряд* добавляются или удаляются ряды данных, задаются имена для каждого ряда и подписи по оси X. Имена рядов отображаются в легенде диаграммы. *Легенда* – это подпись, определяющая формат и цвет точек данных для каждого ряда.

3-й шаг. Оформление диаграммы. Можно ввести заголовок диаграммы, при необходимости выбрать различные варианты оформления диаграммы (указать подписи данных, варианты расположения осей, вывод значений и т.д.).

4-й шаг. Указывается способ размещения диаграммы (на отдельном или текущем листе). Для завершения построения диаграммы следует нажать кнопку *Готово*.

Закончить построение диаграммы можно на любом шаге, нажав кнопку *Готово*.

Как видно, интерфейс Excel достаточно прост и дружелюбен и предоставляет пользователю широкий набор элементов управления (панели, команды, пиктограммы, простой доступ к справочной информации через специальное меню *Помощь*), значительно облегчающих работу.

ГЛАВА 2. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ EXCEL

Наиболее часто в инженерно-технических и экономических расчетах используются функции категории «Математические». Условно функции этой категории можно классифицировать по следующим группам:

- функции для выполнения арифметических операций: СУММ, СУММКВ, ПРОИЗВЕД, ЦЕЛОЕ, ОСТАТ, СТЕПЕНЬ, КОРЕНЬ, и др.;
- тригонометрические и обратные тригонометрические функции: SIN, COS, ASIN, ACOS, ATAN, LN, LOG, EXP и др.;
- функции, использующие различные критерии округления: ОКРВВЕРХ, ОКРВНИЗ, ОКРУГЛВВЕРХ, ОКРУГЛВНИЗ, ОКРУГЛ, НЕЧЕТ, ЧЕТН;
- функции для работы с векторами и матрицами: СУММПРОИЗВ, СУММКВРАЗН, СУММРАЗНКВ, СУММСУММКВ. Функции работы с матрицами МОБР, МОПРЕД, МУМНОЖ будут подробно рассмотрены в главе 6.

Полную информацию обо всех функциях этой категории можно получить в справочной системе MS Excel.

Рассмотрим наиболее используемые функции.

2.1. Функции для выполнения арифметических операций

Чаще других применяется функция СУММ, вычисляющая сумму аргументов.

Формат

СУММ(число1; число2; . . . ; число n).

Число1, число2, . . . , число n – от 1 до 30 аргументов, содержащих числовые значения, для которых требуется определить итог или сумму. Аргументами могут являться не только ссылки на ячейки, но и ссылки на диапазоны и блоки.

Например, функция =СУММ(B5:B10) означает, что нужно сложить содержимое ячеек с B5 до B10, а функция =СУММ(B5:B10; A11) означает, что содержимое ячеек с B5 до B10 складывается с содержимым ячейки A11.

Поскольку функцию СУММ применяют чаще других функций, для ее вызова на системном пиктографическом меню (СПИ) предусмотрена специальная кнопка **Автосуммирование** .

Наряду с функцией СУММ, используется и функция СУММКВ, возвращающая сумму квадратов аргументов.

Формат

СУММКВ(число1; число2; . . . ; число n).

Функция ПРОИЗВЕД(число1; число2; . . . ; число n) возвращает произведение аргументов.

Аргументы функций СУММКВ и ПРОИЗВЕД аналогичны аргументам функции СУММ.

Функция СТЕПЕНЬ(число; степень) возвращает результат возведения аргумента число в указанную степень.

Функция КОРЕНЬ(число) возвращает значение квадратного корня из аргумента число.

Особого внимания заслуживает функция СУММЕСЛИ, которая суммирует ячейки, заданные условием.

Формат

СУММЕСЛИ(диапазон; критерий; диапазон_суммирования).

Диапазон – диапазон анализируемых ячеек.

Критерий – критерий в форме числа, выражения или текста, определяющий суммируемые ячейки.

Диапазон_суммирования – фактические ячейки для суммирования.

На рисунке 2.1 представлена таблица, в которой вычисляется общая сумма премии высокооплачиваемых работников (тех, у кого оклад больше 400000 руб.). Для этого анализируется столбец Оклад (диапазон ячеек A2:A7), и суммируются те ячейки из столбца Премия (диапазон ячеек C2:C7), для которых значения в соответствующих ячейках столбца Оклад больше 400000. Результат помещен в ячейку C8.

C8	=СУММЕСЛИ(A2:A7;">400000";C2:C7)		
Оклад	% премии	Премия	
250000	10%	25000	
300000	15%	45000	
350000	15%	52500	
420000	15%	63000	
470000	20%	94000	
220000	10%	22000	
		157000	

Рис.2.1. Пример использования функции СУММЕСЛИ

2.2. Функции округления

Наиболее часто для округления результата используется функция ОКРУГЛ, которая округляет число до указанного количества десятичных разрядов.

Формат

ОКРУГЛ(число; число_разрядов).

Пример

=ОКРУГЛ(82,93; 0) вернет результат 83 (округление до целых).

=ОКРУГЛ(82,93; 1) вернет результат 82,9 (округление до десятых).

=ОКРУГЛ(82,93; -1) вернет результат 80 (округление до десятков).

Функции ОКРУГЛВЕРХ(число; число_разрядов) и ОКРУГЛВНИЗ(число; число_разрядов) подобны функции ОКРУГЛ за исключением того, что округление производится либо с избытком (ОКРУГЛВЕРХ) либо с недостатком (ОКРУГЛВНИЗ).

Пример

=ОКРУГЛВЕРХ(82,93; -1) вернет результат 90 (округление до десятков с избытком).

=ОКРУГЛВНИЗ(82,93; -1) вернет результат 80 (округление до десятков с недостатком).

Кроме того, можно выполнить округление с заданной точностью с помощью функций ОКРВВЕРХ(число; точность) и ОКРВНИЗ(число; точность). Эти функции выполняют округление с избытком (ОКРВВЕРХ) или недостатком (ОКРВНИЗ) до ближайшего целого, кратного заданной точности.

Например, если в значениях цен необходимо избежать рублей, а товар стоит 8293 рубля, функция =ОКРВВЕРХ(8293;10) округлит цену до 8300 руб., а функция =ОКРВНИЗ(8293;10) округлит цену до 8290 руб. И в том и в другом случае точность округления равна 10 руб.

Функции НЕЧЕТ(число) и ЧЕТН(число) округляют аргумент число до ближайшего нечетного или четного значения.

2.3. Функции для работы с массивами

К ним относятся такие функции, как СУММПРОИЗВ, СУММКВРАЗН, СУММРАЗНКВ, СУММСУММКВ.

Обращение к этим функциям принципиально аналогично. В качестве аргументов используются массивы данных, которые задаются либо диапазоном, либо перечислением ячеек. Различны лишь формулы вычисления результата, заложенные в каждой из функций.

Функция СУММПРОИЗВ возвращает сумму произведений соответствующих элементов массивов или диапазонов.

Формат

СУММПРОИЗВ(массив1; массив2; ... ; массив n).

Массив1; массив2; ... ; массив n – от 2 до 30 массивов, чьи компоненты нужно перемножить, а затем сложить.

На рис. 2.2 показано, как в ячейке С9 вычисляется общая сумма премии в ведомости с использованием функции СУММПРОИЗВ.

	C9	=СУММПРОИЗВ(B3:B8;C3:C8)			
	A	B	C	D	E
2		Оклад	% премии		
3		250000	10%		
4		300000	15%		
5		350000	15%		
6		420000	15%		
7		470000	20%		
8		220000	10%		
9			301500		

Рис.2.2. Пример использования функции СУММПРОИЗВ

Функция СУММКВРАЗН возвращает сумму квадратов разностей соответствующих значений в двух массивах.

Формат

СУММКВРАЗН(массив_х;массив_y).

Массив_х – первый массив или интервал значений.

Массив_y – второй массив или интервал значений.

Функция СУММРАЗНКВ(массив_х;массив_y) возвращает сумму разностей квадратов соответствующих значений двух массивов.

Функция СУММСУММКВ(массив_х;массив_y) возвращает сумму квадратов соответствующих элементов двух массивов.

2.4. Реализация расчета статей бюджета в Excel

Возможности использования формул и встроенных функций Excel рассмотрим на примере составления отчета о доходах и расходах ОАО «КИМ» г. Витебска за I – II кварталы 2004 года на основании данных таблицы 2.1.

Статьи бюджета вычисляются по следующим формулам:

- Налог на добавленную стоимость (НДС) – произведение значения статьи Валовая выручка на ставку налога на добавленную стоимость (18 %).
- Выручка от реализации – разность между статьями Валовая выручка и НДС.
- Валовая прибыль – разность между статьями Выручка от реализации и Затраты на производство.

- **Облагаемый доход** – сумма статей Валовая прибыль и Заработная плата.
- **Налог на прибыль** – 24% от значения статьи Облагаемый доход.
- **Чистый доход** – разность между статьями Валовая прибыль и Налог на прибыль.
- **Затраты на производство** – сумма статей Сырье без отходов, Вспомогательные материалы, Заработная плата, Электро- и теплоэнергия, Отчисления в социальные фонды и Другие расходы.

Таблица 2.1. Доходы и расходы ОАО «КИМ» за I – II кварталы 2004 г.

Показатель	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
Валовая выручка	2198000	2349000	2609000	2208000	2066000	1942000
НДС						
Выручка от реализации						
Затраты на производство						
В том числе:						
Сырье без отходов	602042	542036	498184	603569	578896	562462
Вспомогательные материалы	190255	180956	190045	225668	243897	236849
Заработная плата	180000	190000	224304	259800	268900	278521
Электро- и теплоэнергия	185136	172176	151036	169312	140980	132600
Отчисления в социальные фонды	150000	150000	133045	160580	160300	150400
Другие расходы	220150	220186	228223	230800	230600	229500
Валовая прибыль						
Облагаемый доход						
Налог на прибыль						
Чистый доход						

Решение

Разместим таблицу 2.1 на листе «Исходные данные» рабочей книги Excel в ячейках A4:G15, B21, B22 (рис. 2.3).

Для того, чтобы формулы, по которым будут производиться расчеты статей бюджета были понятнее, присвоим имена ячейкам со значениями постоянных величин – ставки НДС (ячейка B21) и налога на прибыль (ячейка B22). Для этого активизируем сначала ячейку B21 и в поле имен введем имя НДС, затем активизируем ячейку B22 и в поле имен введем имя Налог (см. рис. 2.3 и 2.4).

Рассчитаем статью Затраты на производство. Для этого необходимо просуммировать значения в строках 10, 11, 12, 13, 14 и 15, то есть в ячейку B8 ввести формулу =B10+B11+B12+B13+B14+B15. Это самый простой способ, но использовать его имеет смысл при суммировании не более, чем двух ячеек. При суммировании достаточно большого числа аргументов следует воспользоваться функцией СУММ. Как упоминалось выше, суммирование ячеек выполняют чаще других операций. В Excel вместо использования мастера функций для вызова функции СУММ удобнее воспользоваться кнопкой *Автосуммирование*, пикто-

грамма которой находится на панели инструментов *Стандартная* пиктографического меню. Формула для вычисления статьи Затраты на производство за июль месяц будет иметь вид: =СУММ(В10:В15). Далее остается скопировать эту формулу в ячейки С8:G8. Поскольку были использованы относительные ссылки на ячейки В10:В15, при копировании эти ссылки изменяются относительно своего нового положения.

НДС	18%					
А	В	С	Д	Е	Ф	Г
Отчет о доходах и расходах						
ОАО "КИМ" за I - II кварталы 2004 г.						
Показатель	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
Валовая выручка	2198000	2349000	2609000	2206000	2066000	1942000
НДС						
Выручка от реализации						
Затраты на производство						
В том числе:						
Сырье без отходов	602042	542036	498184	603659	578896	562462
Вспомогательные материалы	190255	180956	190045	225688	243897	236849
Заработная плата	180000	190000	224304	259800	269900	278521
Электро и теплоэнергия	185136	172176	151036	169312	140980	132600
Отчисления в социальные фонды	150000	150000	133045	160580	160300	150400
Другие расходы	220150	220166	228223	230800	230600	229500
Валовая прибыль						
Облагаемый доход						
Налог на прибыль						
Чистый доход						
НДС=	18%					
Налог на прибыль	24%					

Рис.2.3. Таблица с исходными данными

Для завершения процесса заполнения таблицы необходимо выполнить следующие операции:

- Ввести в ячейку В6 формулу =В5*НДС и скопировать ее в ячейки С6:G6. Относительная ссылка на ячейку В5 будет изменяться в пределах строки, ссылка на именованную ячейку НДС останется неизменной, то есть будет себя вести как абсолютная ссылка на ячейку \$B\$21.
- Ввести в ячейку В7 формулу =В5-В6 и скопировать ее в ячейки С7:G7.
- Ввести в ячейку В16 формулу =В7-В8.
- Ввести в ячейку В17 формулу =В12+В16.
- Ввести в ячейку В18 формулу =В17*Налог. Здесь Налог – именованная ячейка В22.
- Ввести в ячейку В19 формулу =В16-В18.
- Выделить диапазон ячеек В16:В19 и скопировать формулы, расположенные

в этих ячейках, в ячейки C16–G19.

Для форматирования таблицы можно воспользоваться командой *Автоформат* меню *Формат* или соответствующими кнопками на пиктографическом меню.

На рис. 2.4 представлена таблица с результатами расчетов.

Налог 24%							
	A	B	C	D	E	F	G
1	Отчет о доходах и расходах						
2	ОАО "КИМ" за I - II кварталы 2004 года						
3							
4	Показатель	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
5	Валовая выручка	2198000	2349000	2609000	2208000	2066000	1942000
6	НДС	395640	422820	469620	397440	371880	349560
7	Выручка от реализации	1802360	1926180	2139380	1810560	1694120	1592440
8	Затраты на производство	1527583	1455354	1424837	1649729	1623573	1590332
9	В том числе:						
10	Сырье без отходов	602042	542036	498184	603569	578896	562462
11	Вспомогательные материалы	190255	180956	190045	225668	243897	236849
12	Заработная плата	180000	190000	224304	259800	268900	278521
13	Электро и теплоэнергия	185136	172176	151036	169312	140980	132600
14	Отчисления в социальные фонды	150000	150000	133045	160580	160300	150400
15	Другие расходы	220150	220186	228223	230800	230600	229500
16	Валовая прибыль	274777	470826	714543	160831	70547	2108
17	Облагаемый доход	454777	660826	938847	420631	339447	260629
18	Налог на прибыль	109146,5	158598,2	225323,28	100951,4	81467,28	67350,96
19	Чистый доход	165631	312228	489220	69880	-10920	-65243
20							
21	НДС=	18%					
22	Налог на прибыль	24%					

Рис. 2.4. Таблица с результатами расчетов

Представим данные о доходах предприятия по статьям валовая прибыль и чистый доход в виде графиков.

Шаг 1. Выделим ячейки B16:G16 и B19:G19, данные из которых будем отражать на графике. Поскольку указанные диапазоны ячеек не являются смежными, при их выделении следует удерживать нажатой клавишу <CTRL>. Вызовем *Мастер диаграмм*, выбрав соответствующую кнопку на пиктографическом меню. В открывшемся окне мастера (шаг 1 из 4) выберем тип диаграммы – *график* и ее вид – *график с маркерами, помечающими точки данных*. Нажмем кнопку *Далее*.

Шаг 2. Здесь можно увидеть предварительный вид построенного графика. На вкладке *Ряд* в поле *Ряд* напротив имени *Ряд1* введем название *«Валовая прибыль»*, напротив имени *Ряд2* – *«Чистый доход»*. В поле *«Подписи по оси X»* укажем диапазон ячеек B4:G4 (названия месяцев), значения которого будут использованы в качестве подписей по оси X.

Шаг 3. Мастер предлагает обозначить параметры диаграммы: ввести название диаграммы, подписать оси X и Y, указать значения ключевых точек. Введем название диаграммы «*Результаты работы ОАО «КИМ» за 2004 г.*» и перейдем к следующему шагу.

Шаг 4. Необходимо выбрать способ размещения диаграммы: на имеющемся листе или на отдельном. Оставим диаграмму на имеющемся листе.

Диаграмма будет вставлена в отведенную для нее область на одном листе с таблицей. График представлен на рисунке 2.5.

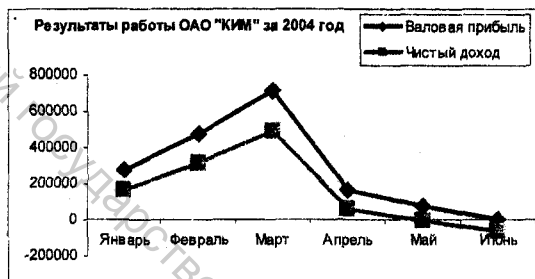


Рис.2.5. График результатов работы ОАО «КИМ» за 2004 год

Если диаграмму необходимо подкорректировать (изменить размер шрифтов, тип и толщину линий графика, удалить или добавить легенду и т.п.), достаточно ее активизировать, выполнив в ее области щелчок мышью, и далее воспользоваться командами динамического меню.

2.5. Задания для самостоятельной работы

Рассчитать таблицы в соответствии с вариантом. Для постоянных величин (варианты 3, 5, 8, 9) использовать именованные ячейки. По результатам расчетов построить диаграммы. Значение среднего арифметического можно получить как результат деления суммы значений на их количество¹. Для расчета итоговых значений использовать функции СУММ и СУММПРОИЗВ.

Вариант 1. Рассчитать производственную программу швейного цеха.

Столбец 7 = Столбец 2*Столбец 5*Столбец 6.

Столбец 8 = Столбец 3*Столбец 5*Столбец 6.

Столбец 9 = Столбец 4*Столбец 5*Столбец 6.

Столбец 10 = Столбец 7 + Столбец 8 + Столбец 9.

¹ Формат и работа функции СРЗНАЧ подробно рассмотрены в главе 5.

В строке «Итого:» вычислить сумму для столбцов 2-5, 7-9 и среднее арифметическое для столбцов 6 и 10.

Трудоемкость по видам работ	Изделие А н/ч	Изделие Б н/ч	Изделие В н/ч	Количество (шт.) комплектов на программу	Коэффициент выполнения норм	Станкостимость изделия А	Станкостимость изделия Б	Станкостимость изделия В	Общая станкостимость программы
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Машинные	75	35	50	300	1,1				
Ручные	35	25	38	700	1,2				
Прессовые	40	32	34	500	1,3				
Утюжилые	70	80	60	200	1,4				
Прочие	90	100	100	100	1,5				
Итого:									

Вариант 2. Определить динамику роста размера производства по предприятиям текстильной отрасли.

№	Группы предприятий отрасли	Годовой объем выпуска товарной продукции млн. руб.	Удельный выпуск товарной продукции %			Общий выпуск товарной продукции млн. руб.		
			1985	1995	2005	1985	1995	2005
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	I	0,25	8	2	1			
2	II	1,75	4	6	4			
3	III	6,5	17	12	10			
4	IV	30	30	24	19			
5	V	75	15	26	31			
6	VI	100	6	10	15			
7	VII	110	8	10	10			
8	VIII	125	12	10	10			
	Итого:							

Столбец 7 = Столбец 3*Столбец 4/100.

Столбец 8 = Столбец 3*Столбец 5/100.

Столбец 9 = Столбец 3*Столбец 6 / 100.

1995-1985 г.г.: $Q_{12} = (\sum \text{Столбец 8} - \sum \text{Столбец 7}) / \sum \text{Столбец 7} * 100\%$.

2005-1995 г.г.: $Q_{32} = (\sum \text{Столбец 9} - \sum \text{Столбец 8}) / \sum \text{Столбец 8} * 100\%$.

2005-1985 г.г.: $Q_{31} = (\sum \text{Столбец 9} - \sum \text{Столбец 7}) / \sum \text{Столбец 7} * 100\%$.

В строке «Итого:» рассчитать: сумму по столбцам 4-9.

Вариант 3. Определить рост объема производства и рост производительности труда ткацкого цеха, если численность работающих в первом базисном периоде, N_1 , составила 25 человек, во втором базисном периоде, N_2 , - 35 человек, в отчетном периоде, N_3 , - 30 человек.

№	Количество изготовленных изделий, шт.			Трудовые затраты на 1 изд.	Объем производства, шт.			Средний объем производства
	В базисном периоде 1	В базисном периоде 2	В отчетном периоде		В базисном периоде 1	В базисном периоде 2	В отчетном периоде	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2510	2650	3000	8,12				
2	820	920	1000	20,25				
3	1205	1050	1000	10,15				
4	505	650	700	11,25				
5	1410	1620	1800	15,7				
6	1260	1850	2000	18,3				
Итого:								

Столбец 6 = Округлить до целого (Столбец 2*Столбец 5).

Столбец 9 = Среднее значение (Столбец 6, Столбец 7, Столбец 8).

Столбец 7 = Округлить до целого (Столбец 3*Столбец 5).

Столбец 8 = Округлить до целого (Столбец 4*Столбец 5).

В строке *Итого* найти сумму по столбцам 2-4, 6-8, среднее арифметическое значение столбцов 5 и 9.

С учетом проведенных расчетов определить изменение объема производства, производительность труда и среднюю производительность труда.

№	Изменение объема производства		Производительность труда			Средняя производительность труда
	Базисный период 1 к отчетному периоду	Базисный период 2 к отчетному периоду	Базисный период 1	Базисный период 2	Отчетный период	
1	2	3	4	5	6	7
1						

Столбец 2 = $\sum$ Столбец 8 - $\sum$ Столбец 6 (табл.1).

Столбец 3 = $\sum$ Столбец 8 - $\sum$ Столбец 7 (табл.1).

Столбец 4 = $\sum$ (Столбец 6)/ N_1 .

Столбец 5 = $\sum$ (Столбец 7)/ N_2 .

Столбец 6 = $\sum$ (Столбец 8)/ N_3 .

Столбец 7 = среднее значение (Столбец 4, Столбец 5, Столбец 6).

Вариант 4. Рассчитать трудоемкость обслуживания оборудования прядильной фабрики.

№	Применяемое оборудование	Затраты труда рабочих					
		Цех №1	Цех №2	Цех №3	Цех №4	Цех №5	В целом
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Трепальная машина ВХ-400	0,053	0,043	0,005	0,002	0,044	
2	Чесальная машина SHP-24A	0,1	0,008	0,004	0,002	0,045	
3	Кипоразрыхлитель	0,047	0,031	0,003	0,001	0,046	
4	Автоматический весовой питатель A284 BFL	0,039	0,019	0,004	0,001	0,045	
5	Рыхлитель с дозатором 600-МО	0,267	0,026	0,007	0,003	0,452	
6	Итого:						
7	Коэффициент неучтенных работ	1,1	1,05	1,07	1,15	1,21	
8	Трудоемкость обслуживания						

Столбец 8 = округлить до двух знаков после запятой сумму столбцов 3-7.

В строке «Итого:» рассчитать сумму для столбцов 3 - 8;

В строке 7 вычислить среднее значение коэффициента неучтенных работ, округлив его до 2 знаков после запятой.

Строка 8 = Строка 6 * Строка 7 (только для столбцов 3-6).

Округлить полученные значения до 3 знаков после запятой.

Вариант 5. Определить фонд материального поощрения групп работающих по подразделениям швейной фабрики, если общий фонд материального поощрения предприятия ФМП=30 млн. руб.

Столбец 2 = ФМП*Столбец 6.

Столбец 7 = Столбец 3+Столбец 4+Столбец 5.

Столбец 8 = Столбец 2/Столбец 7*Столбец 3.

Столбец 9 = Столбец 2/Столбец 7*Столбец 4.

Столбец 10 = Столбец 2/Столбец 7*Столбец 5.

Строка «В среднем:» рассчитывается для столбцов 6, 8 - 10.

Значение в столбце 6 округлить до целого, значения столбцов 8-10 – до 3 знаков после запятой.

Строка «Итого:» рассчитывается для столбцов 2 - 5,7.

Наименование подразделения	ФМП	Численность персонала			Нормативная трудоемкость персонала	Общая численность персонала	ФМП по группам персонала, млн. руб.		
		Рабочие	ИТР	Вспомогательный персонал			Рабочие	ИТР	Вспомогательный персонал
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Администрация		5	80	10	15				
Цех №1		100	20	10	25				
Цех №2		80	20	10	15				
Цех №3		50	10	5	10				
Цех №4		35	5	5	10				
Котельная		90	10	10	25				
Итого:									
В среднем:									

Вариант 6. Рассчитать прирост средней заработной платы по годам периода.

№	Факторы роста производительности труда	Норматив прироста средней заработной платы на 1% прироста производительности труда	Прирост производительности труда по годам рассматриваемого периода				Прирост заработной платы по годам рассматриваемого периода			
			2-ой	3-ий	4-ый	5-ый	2-ой	3-ий	4-ый	5-ый
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Повышение технического уровня производства	0,25	3	3,7	4	4				
2	Совершенствование управления и организации труда	0,55	1,46	1,47	0,57	0,57				
3	Относительная экономия численности	0,15	1,83	1,73	1,83	1,53				
4	Повышение удельного веса отдельных видов продукции	0,05	0,5	-0,5	-0,6	0,6				
5	Итого:									
6	Прирост средней заработной платы									

Строки 1-4 для столбцов 8 - 11 рассчитываются по следующим формулам:

Столбец 8 = Столбец 3*Столбец 4.

Столбец 9 = Столбец 3*Столбец 5.

Столбец 10 = Столбец 3*Столбец 6.

Столбец 11 = Столбец 3*Столбец 7.

Строка 6 для столбцов 8 - 11 рассчитывается с точностью до 3 знаков после запятой по следующим формулам

Столбец 8 = Итого по столбцу 8/Итого по столбцу 4.

Столбец 9 = Итого по столбцу 9/Итого по столбцу 5.

Столбец 10 = Итого по столбцу 10/Итого по столбцу 6.

Столбец 11 = Итого по столбцу 11/Итого по столбцу 7.

Строка «Итого:» рассчитывается для столбцов 4 - 11.

Вариант 7. Рассчитать прирост средней заработной платы по годам и норматив прироста средней заработной платы на 1% прироста производительности труда по каждому году.

Факторы прироста производительности труда	Норматив прироста средней зарплаты на 1% прироста производительности труда				Прирост производительности труда по годам, %				Прирост средней зарплаты по годам			
	2002	2003	2004	2005	2002	2003	2004	2005	2002	2003	2004	2005
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Повышение технического уровня	0,2	0,3	0,35	0,35	3	3,7	4	4				
Совершенствование НОТ	0,4	0,45	0,5	0,55	1,46	1,47	1,47	0,57				
Экономия численности обслуживания	0,1	0,15	0,2	0,15	1,83	1,73	1,83	1,54				
Изменение удельного веса	0,02	0,04	0,05	0,05	0,05	-0,05	-0,06	0,06				
В среднем:												
Итого:												
Фактический прирост зарплаты												

Столбец 10 = Столбец 2*Столбец 6.

Столбец 11 = Столбец 3*Столбец 7.

Столбец 12 = Столбец 4*Столбец 8.

Столбец 13 = Столбец 5*Столбец 9.

Строка «Итого:» рассчитывается для столбцов 6 – 13.

Строка «В среднем:» рассчитывается для столбцов 2 – 5.

Строка «Фактический прирост заработной платы» рассчитывается для столбцов 10 -13 с точностью до 3 знаков после запятой следующим образом:

Столбец 10 = Итого по столбцу 10/Итого по столбцу 6.

Столбец 11 = Итого по столбцу 11/Итого по столбцу 7.

Столбец 12 = Итого по столбцу 12/Итого по столбцу 8.

Столбец 13 = Итого по столбцу 13/Итого по столбцу 9.

Вариант 8. Рассчитать затраты на производство швейных изделий новых моделей. Количество изделий в партии $P=9000$ шт., эффективный фонд рабочего времени $\Phi=1910$ час., планируемый коэффициент выполнения норм $K=118\%$, коэффициент действия $K_d=0,5$.

Виды работ	Нормы времени на модель по разрядам					Плановое снижение трудоемкости по видам работ %	Численность основных рабочих по видам работ и разрядам					Всего рабочих по видам работ
	II	III	IV	V	VI		II	III	IV	V	VI	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Машинные	700	1700	3700	2200	700	10						
Ручные		1000	2300	1300	400	5						
Прессовые			2000	1200	200	2						
Утюжилые	200	800	500	400		7						
Одночные	400	400	800	400		9						
Прочие	400	1300	1400	700	700	7						
Итого:												
В среднем:												

Столбец 8 = Столбец 2*(100-Столбец7*К_д)*P/(Φ*К*100).

Столбец 9 = Столбец 3*(100-Столбец7*К_д)*P/(Φ*К*100).

Столбец 10 = Столбец 4*(100-Столбец7*К_д)*P/(Φ*К*100).

Столбец 11 = Столбец 5*(100-Столбец7*К_д)*P/(Φ*К*100).

Столбец 12 = Столбец 6*(100-Столбец7*К_д)*P/(Φ*К*100).

Полученные значения округлить до целого.

Столбец 13 = Сумма столбцов 8-12.

Строка «Итого:» рассчитывается для столбцов 8-13.

Строка «В среднем:» - для столбцов 2 -6.

Вариант 9. Рассчитать размер поощрительных фондов подрядных бригад и участков ткацкого производства.

Фонд материального поощрения цеха $\Phi Ц = 2$ млн. руб.

Столбец 6 = Столбец 2 + Столбец 3 + Столбец 4.

Столбец 7 = Столбец 5 * Столбец 6.

Столбец 8 = $\Phi Ц * \text{Столбец } 7 / \Sigma \text{ Столбец } 2$. Округлить до 3 знаков после запятой.

Строку «Итого:» рассчитать для столбцов 2-8.

Строку «В среднем:» рассчитать для столбцов 2, 5 - 8.

Подразделения	Основная заработная плата, млн. руб.	Доплаты, млн. руб.		КТУ	Начислено заработной платы, млн. руб.	Расчетная заработная плата, млн. руб.	ФМП цеха
		За дополнительные наряды	За работу во внеурочное время				
1	2	3	4	5	6	7	8
Участок 1	1,5	0,45		1,1			
Участок 2	2	0,25	0,2	0,9			
Участок 3	2,2	0,8	0,4	1,2			
Участок 4	3,1	0,21	0,12	1,2			
Участок 5	1,8	0,12	0,5	1,3			
Итого:							
В среднем:							

Вариант 10. Рассчитать заработную плату рабочих раскройного участка с учетом КТУ.

№	ФИО рабочего	Часовая тарифная ставка, тыс. руб.	Отработанное время по декадам			КТУ	Тарифная заработная плата, тыс. руб.	Расчетная заработная плата, тыс. руб.
			I	II	III			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Иванов А.А.	31	60	62	60	1,4		
2	Буров М.А.	28	58	58	66	1,2		
3	Яшин Г.Р.	31	60	65	65	1,2		
4	Козлов Е.Л.	25	40	40	60	1,1		
5	Яковлев П.Л.	40	50	50	70	1,2		
6	Гранов П.П.	40	65	65	68	0,9		
7	Петров С.И.	40	20	70	70	1,1		
	Итого:							
	В среднем:							

Столбец 8 = Столбец 3*(Столбец 4+Столбец 5+Столбец 6).

Столбец 9 = Столбец 8*Столбец 7.

Строку «Итого:» рассчитать для столбцов 4 - 6, 8, 9.

Строку «В среднем:» рассчитать для столбцов 3, 7 - 9.

ГЛАВА 3. ЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ EXCEL

В предыдущей главе были рассмотрены основные принципы построения таблиц и выполнения в них простейших вычислений, основанных на формулах, использующих функции категории «Математические». Гораздо чаще при решении производственных, экономических и вообще любых реальных задач возникает необходимость анализа данных. Любой анализ предполагает использование логических функций.

Функций категории «Логические» всего шесть: ЕСЛИ, И, ИЛИ, НЕ, ИСТИНА, ЛОЖЬ. Они достаточно понятны и просты в использовании.

3.1. Функция ЕСЛИ

Используется для проверки значений выражений или формул и организации переходов в зависимости от результатов этой проверки.

Формат

ЕСЛИ (логическое_выражение; значение_если_истина; значение_если_ложь)

Данная функция возвращает аргумент значение_если_истина, если логическое_выражение при вычислении дает значение ИСТИНА, и аргумент значение_если_ложь, если аргумент логическое_выражение при вычислении дает значение ЛОЖЬ. В качестве возвращаемых значений могут использоваться числовые значения, ссылки на ячейки, формулы или текст.

Рассмотрим использование функции ЕСЛИ на примере определения сортности хлопкового волокна.

Предположим, что сорт хлопкового волокна определяется содержанием пороков (порок – это изъян в виде узелка, разрыва, неровности нити и т.п.) и примесей в соответствии с таблицей 3.1.

Таблица 3.1. Содержание пороков и примесей в хлопковом волокне

Содержание пороков и примесей	Сортность волокна
До 3,5 %	высокая
Свыше 3,5%	низкая

Разместим таблицу с данными в ячейках A3:B8 рабочего листа Excel, как показано на рис. 3.1.

В ячейку B4 введем функцию ЕСЛИ для определения сортности: =ЕСЛИ(A4<=3,5;"высокая"; "низкая") и скопируем ее в ячейки B5:B8. Полученный результат представлен на рисунке 3.1.

При конструировании сложных проверок в качестве аргументов значения `если_истина` и значение `если_ложь` могут использоваться функции ЕСЛИ, причем может быть вложено до семи ЕСЛИ-условий.

А	Содержание пороков и примесей	Сортность волокна	В	Содержание пороков и примесей	Сортность волокна
	2,1	высокая		2,1	=ЕСЛИ(А4<=3,5;"высокая";"низкая")
	2,6	высокая		2,6	=ЕСЛИ(А6<=3,5;"высокая";"низкая")
	3,5	высокая		3,5	=ЕСЛИ(А6<=3,5;"высокая";"низкая")
	5,3	низкая		5,3	=ЕСЛИ(А7<=3,5;"высокая";"низкая")
	8,6	низкая		8,6	=ЕСЛИ(А8<=3,5;"высокая";"низкая")

Рис. 3.1. Использование функции ЕСЛИ

Предположим, что шкала для определения сорта хлопкового волокна в зависимости от содержания пороков и примесей изменилась и приведена в таблице 3.2.

Таблица 3.2. Содержание пороков и примесей в хлопковом полотне

Содержание пороков и примесей	Сортность волокна
До 3,5 %	Высший сорт
От 3,5 % до 5,5 %	1 сорт
От 5,2 % до 7,2 %	2 сорт
Свыше 7,2 %	3 сорт

Разместим таблицу с данными в тех же ячейках А3:В8 рабочего листа Excel (см. рис. 3.2). В ячейку В4 введем формулу для определения сортности: `=ЕСЛИ(А4<=3,5;"Высший сорт"; ЕСЛИ(А4<5,5;"1 сорт"; ЕСЛИ(А4<7,2;"2 сорт"; "3 сорт") ) )` и скопируем ее в ячейки В5:В8. Полученный результат представлен на рис. 3.2.

А	Содержание пороков и примесей	Сортность волокна	В	Содержание пороков и примесей	Сортность волокна
	2,1	Высший сорт		2,1	=ЕСЛИ(А4<=3,5;"Высший сорт"; ЕСЛИ(А4<5,5;"1 сорт"; ЕСЛИ(А4<7,2;"2 сорт"; "3 сорт")))
	2,6	Высший сорт		2,6	=ЕСЛИ(А5<=3,5;"Высший сорт"; ЕСЛИ(А5<5,5;"1 сорт"; ЕСЛИ(А5<7,2;"2 сорт"; "3 сорт")))
	3,5	Высший сорт		3,5	=ЕСЛИ(А6<=3,5;"Высший сорт"; ЕСЛИ(А6<5,5;"1 сорт"; ЕСЛИ(А6<7,2;"2 сорт"; "3 сорт")))
	5,3	1 сорт		5,3	=ЕСЛИ(А7<=3,5;"Высший сорт"; ЕСЛИ(А7<5,5;"1 сорт"; ЕСЛИ(А7<7,2;"2 сорт"; "3 сорт")))
	8,6	3 сорт		8,6	=ЕСЛИ(А8<=3,5;"Высший сорт"; ЕСЛИ(А8<5,5;"1 сорт"; ЕСЛИ(А8<7,2;"2 сорт"; "3 сорт")))

Рис.3.2. Использование вложенной функции ЕСЛИ

3.2. Функции И и ИЛИ

Функция И возвращает значение ИСТИНА, если все аргументы имеют значение ИСТИНА, и возвращает значение ЛОЖЬ, если хотя бы один аргумент имеет значение ЛОЖЬ.

Формат

И(логическое_значение1; логическое_значение2; ...;
логическое_значениеN)

Если ячейка A5 содержит число 2,6 (см. рис.3.2), то функция =И(A5>0; A5<3,5) возвратит значение ИСТИНА.

Чаще всего функция И используется в других условных функциях, например, в функции ЕСЛИ, и может содержать до 30 проверяемых условий. Аргументы должны быть логическими значениями, массивами или ссылками, которые содержат логические значения.

Пример

=ЕСЛИ(И(A5>0;A5<3,5); «Высокий сорт»; «Низкий сорт»).

Если ячейка A5 содержит число, например, 2,6 (рис. 3.1), то в качестве результата будет выведен текст «Высокий сорт», если в ячейке A5 содержится число 5,5 то результатом является текст «Низкий сорт».

Функция ИЛИ возвращает значение ИСТИНА, если хотя бы один из аргументов имеет значение ИСТИНА, в противном случае функция ИЛИ принимает значение ЛОЖЬ.

Формат

ИЛИ(логическое_значение1; логическое_значение2; ...;
логическое_значениеN)

Как и функция И, функция ИЛИ может содержать до 30 проверяемых условий и чаще всего используется в других условных функциях.

3.3. Функции ИСТИНА и ЛОЖЬ

Эти функции предназначены для совместимости с другими системами электронных таблиц. Используются в следующих форматах:

ИСТИНА() – возвращает логическое значение ИСТИНА

ЛОЖЬ() – возвращает логическое значение ЛОЖЬ.

3.4. Функция НЕ

Эта функция меняет на противоположное логическое значение своего аргумента и используется в тех случаях, когда необходимо быть уверенным в том, что значение не равно некоторой конкретной величине.

Формат

НЕ (логическое_значение).

Логическое_значение – величина или выражение, которые могут принимать два значения: ИСТИНА или ЛОЖЬ.

Эта функция заменяет логическое значение аргумента на противоположное. Для иллюстрации работы функции НЕ используем данные из таблицы на рисунке 3.1.

Формула =НЕ (A5>2) возвратит значение ЛОЖЬ.

Формула =НЕ (A5<2) возвратит значение ИСТИНА.

3.5. Использование логических функций

Рассмотрим возможности использования логических функций на примере построения графиков и финансовых расчетов.

Пример 3.1

Рассчитать вероятность перехода химических волокон S в зависимости от их длины l . Вероятность перехода является критерием интенсивности волоконно-обмена на уровне одиночного волокна. В процессе чесания свойства волокна (например, длина) изменяются, и, как следствие, меняется вероятность его перехода, рассчитываемая следующим образом:

$$S = \begin{cases} 0, & \text{если } l \leq a/n \\ \frac{\varepsilon}{e^{n-l/a}}, & \text{если } l > a/n \end{cases}$$

где $l = 50$ – длина волокон,

$n = 0,5$ – коэффициент растяжки,

$a = 6,5$ – величина, зависящая от глубины погружения волокон в гарнитуру,

$\varepsilon = 0,1$ – параметр, зависящий от условий перехода волокон.

Разместим исходные данные n , a , ε в ячейках D4:F5 (см. рис. 3.3) рабочей книги Excel, а в ячейках A4:B24 выполним расчеты значений вероятности перехода S для значений l , изменяющихся в диапазоне от 0 до 50. Фактически имеет место задача табулирования функции S на заданном интервале табуляции $[l_1; l_2]$. Поэтому для построения графика функции S необходимо сформировать таблицу значений этой функции при различных значениях аргументов на за-

данном интервале. Построение таблицы осуществляем исходя из следующих данных (см. рис. 3.3):

левая граница интервала l_1 – ячейка H5;

правая граница интервала l_2 – ячейка I5;

шаг изменения аргумента h – ячейка J5;

коэффициенты a , n , ε – ячейки D5, E5, F5.

В ячейку A4 помещается формула $=H5$, в ячейку A5 – формула $=A4+\$J\5

После чего данная формула копируется в ячейки A6:A24, то есть до тех пор, пока не будет достигнуто значение 50. В результате получается множество значений аргумента l , для которых в дальнейшем будет вычислены значения функции S (см. рис. 3.4).

Вероятность перехода волокон								
z	l	S						
4	0	0	a	n	eps	l1	l2	h
5	2,5	0	6,5	0,5	0,1	0	50	2,5
6	5	0						
7	7,5	0						
8	10	0						
9	12,5	0						
10	15	0,037						
11	17,5	0,064						
12	20	0,075						
13	22,5	0,081						
14	25	0,085						
15	27,5	0,087						
16	30	0,089						
17	32,5	0,09						
18	35	0,091						
19	37,5	0,092						
20	40	0,093						
21	42,5	0,093						
22	45	0,094						
23	47,5	0,094						
24	50	0,095						

Рис. 3.3. Таблица с результатами расчетов

Поскольку функция S внутри интервала таблицы задана двумя разными формулами на двух интервалах, то для вычисления ее значения в произвольной точке необходимо воспользоваться функцией ЕСЛИ.

При $l \leq a/n$ $S = 0$. Следовательно, для ее вычисления нужно просто ввести значение 0, которое будет определять значение функции в точках $l \leq a/n$ из столбца A при значениях a , n , ε , находящихся в ячейках D5, E5, F5.

При $l > a/n$ $S = \frac{\varepsilon}{e^{n/a} - 1}$. Следовательно, для ее вычисления может быть ис-

пользовано выражение $=\$F\$5/EXP(1/(\$E\$5*A4-\$D\$5))$.

Таким образом, с учетом изменения формулы внутри интервала таблицы, для задания функции S на всем интервале необходимо использовать формулу

$=\text{ЕСЛИ}(A4 \leq \$D\$5/\$E\$5; 0; \text{ОКРУГЛ}((\$F\$5/EXP(1/(\$E\$5*A4-\$D\$5))) ; 3))$,

которая вводится в ячейку B4 и вычисляет значение функции S для аргумента l , содержащегося в ячейке A4, и значений a , n , ε из ячеек D5, E5, F5. Вложенная функция ОКРУГЛ позволяет получить результат с точностью до 3-х знаков после запятой.

Затем данная формула копируется таким образом, чтобы можно было вычислить значения функции для всех аргументов, которые содержатся в столбце A (см. рис. 3.4). Абсолютная ссылка используется для того, чтобы адреса ячеек D5, E5, F5, содержащих значения a , n , ε , при копировании вниз не изменялись.

B4	=ЕСЛИ(A4<=\$D\$5/\$E\$5;0;ОКРУГЛ((\$F\$5/EXP(1/(\$E\$5*A4-\$D\$5))),3))
Вероятность перехода вагонов (формулы)	
l	S
=H5	=ЕСЛИ(A4<=\$D\$5/\$E\$5;0;ОКРУГЛ((\$F\$5/EXP(1/(\$E\$5*A4-\$D\$5))),3))
=A4+\$J\$5	=ЕСЛИ(A5<=\$D\$5/\$E\$5;0;ОКРУГЛ((\$F\$5/EXP(1/(\$E\$5*A5-\$D\$5))),3))
=A5+\$J\$5	=ЕСЛИ(A6<=\$D\$5/\$E\$5;0;ОКРУГЛ((\$F\$5/EXP(1/(\$E\$5*A6-\$D\$5))),3))
=A6+\$J\$5	=ЕСЛИ(A7<=\$D\$5/\$E\$5;0;ОКРУГЛ((\$F\$5/EXP(1/(\$E\$5*A7-\$D\$5))),3))
=A7+\$J\$5	=ЕСЛИ(A8<=\$D\$5/\$E\$5;0;ОКРУГЛ((\$F\$5/EXP(1/(\$E\$5*A8-\$D\$5))),3))
=A8+\$J\$5	=ЕСЛИ(A9<=\$D\$5/\$E\$5;0;ОКРУГЛ((\$F\$5/EXP(1/(\$E\$5*A9-\$D\$5))),3))
=A9+\$J\$5	=ЕСЛИ(A10<=\$D\$5/\$E\$5;0;ОКРУГЛ((\$F\$5/EXP(1/(\$E\$5*A10-\$D\$5))),3))
=A10+\$J\$5	=ЕСЛИ(A11<=\$D\$5/\$E\$5;0;ОКРУГЛ((\$F\$5/EXP(1/(\$E\$5*A11-\$D\$5))),3))
=A11+\$J\$5	=ЕСЛИ(A12<=\$D\$5/\$E\$5;0;ОКРУГЛ((\$F\$5/EXP(1/(\$E\$5*A12-\$D\$5))),3))
=A12+\$J\$5	=ЕСЛИ(A13<=\$D\$5/\$E\$5;0;ОКРУГЛ((\$F\$5/EXP(1/(\$E\$5*A13-\$D\$5))),3))
=A13+\$J\$5	=ЕСЛИ(A14<=\$D\$5/\$E\$5;0;ОКРУГЛ((\$F\$5/EXP(1/(\$E\$5*A14-\$D\$5))),3))
=A14+\$J\$5	=ЕСЛИ(A15<=\$D\$5/\$E\$5;0;ОКРУГЛ((\$F\$5/EXP(1/(\$E\$5*A15-\$D\$5))),3))
=A15+\$J\$5	=ЕСЛИ(A16<=\$D\$5/\$E\$5;0;ОКРУГЛ((\$F\$5/EXP(1/(\$E\$5*A16-\$D\$5))),3))
=A16+\$J\$5	=ЕСЛИ(A17<=\$D\$5/\$E\$5;0;ОКРУГЛ((\$F\$5/EXP(1/(\$E\$5*A17-\$D\$5))),3))
=A17+\$J\$5	=ЕСЛИ(A18<=\$D\$5/\$E\$5;0;ОКРУГЛ((\$F\$5/EXP(1/(\$E\$5*A18-\$D\$5))),3))
=A18+\$J\$5	=ЕСЛИ(A19<=\$D\$5/\$E\$5;0;ОКРУГЛ((\$F\$5/EXP(1/(\$E\$5*A19-\$D\$5))),3))
=A19+\$J\$5	=ЕСЛИ(A20<=\$D\$5/\$E\$5;0;ОКРУГЛ((\$F\$5/EXP(1/(\$E\$5*A20-\$D\$5))),3))
=A20+\$J\$5	=ЕСЛИ(A21<=\$D\$5/\$E\$5;0;ОКРУГЛ((\$F\$5/EXP(1/(\$E\$5*A21-\$D\$5))),3))
=A21+\$J\$5	=ЕСЛИ(A22<=\$D\$5/\$E\$5;0;ОКРУГЛ((\$F\$5/EXP(1/(\$E\$5*A22-\$D\$5))),3))
=A22+\$J\$5	=ЕСЛИ(A23<=\$D\$5/\$E\$5;0;ОКРУГЛ((\$F\$5/EXP(1/(\$E\$5*A23-\$D\$5))),3))
=A23+\$J\$5	=ЕСЛИ(A24<=\$D\$5/\$E\$5;0;ОКРУГЛ((\$F\$5/EXP(1/(\$E\$5*A24-\$D\$5))),3))

Рис. 3.4. Таблица в режиме формул

Значение функции вычисляется следующим образом. Если значение аргумента, которое содержится в соответствующей ячейке столбца А, удовлетворяет условию $l \leq a/n$, то вычисление производится первым способом. В противном случае значение вычисляется в соответствии со второй формулой, содержащейся в скобках после названия функции ЕСЛИ.

На рисунках 3.3 и 3.4 представлены листы рабочей книги Excel с таблицами расчета вероятности перехода химических волокон S в зависимости от их длины l .

График функции $S(l)$, построенный по результатам расчетов, показывает вероятность перехода химических волокон и строится на основе большого количества значений аргумента (21 значение). Если шаг изменения длины волокон увеличивать, то количество точек будет уменьшаться, и значительная часть графика не будет нарисована. В случае же уменьшения шага изменения длины волокна отличия построенного графика от идеально правильного будут незначительными (см. рис. 3.5).



Рис. 3.5. График вероятности перехода химических волокон в зависимости от их длины

Пример 3.2. Рассчитать ежемесячные выплаты и налоги, взимаемые с граждан, на основании данных, приведенных в таблице 3.3.

Статьи выплат и налогов рассчитываются по формулам:

- Оклад – произведение базовой величины за текущий месяц на тарифный коэффициент.
- Надбавка за стаж – 20 %, если стаж менее 5 лет;
30 %, если стаж от 5 до 10 лет;
40 %, если стаж от 10 до 15 лет;
50 %, если стаж более 15 лет.
- Премия – 25 %, если стаж менее 5 лет;

35 %, если стаж от 5 до 10 лет;

50 %, если более 10 лет.

- Начислено – сумма статей Оклад, Надбавка за стаж, Премия.
- Пенсионный фонд – 1 % от статьи Начислено.
- Начислено с начала года – сумма значений строк Начислено с января по расчетный месяц включительно.
- Подоходный налог – в соответствии с [13, стр.25], налоговые ставки представлены в таблице 3.4.

Таблица 3.3. Данные для расчета выплат и налогов

Месяц	Базовая величина	Тарифный коэффициент	Оклад	Надбавка за стаж	Премия	Начислено	Пенсионный фонд	Начислено с начала года	Подоходный налог	К выдаче
Январь	29000	12								
Февраль	31000	12								
Март	31000	12								
Апрель	31000	12								
Май	33000	12								
Июнь	33000	12								
Июль	33000	12								
Август	33000	12								
Сентябрь	33000	14								
Октябрь	33000	14								
Ноябрь	35000	14								
Декабрь	35000	14								

Таблица 3.4. Шкала налоговых ставок

Размер налоговой базы за налоговый период	Налоговые ставки (суммы налога)
До 240 среднемесячных базовых величин	9 процентов.
От 240 среднемесячных базовых величин + 1 рубль до 600 среднемесячных базовых величин.	21,6 среднемесячной базовой величины + 15 % с суммы, превышающей 240 среднемесячных базовых величин.
От 600 среднемесячных базовых величин + 1 рубль до 840 среднемесячных базовых величин.	75,6 среднемесячной базовой величины + 20 % с суммы, превышающей 600 среднемесячных базовых величин.
От 840 среднемесячных базовых величин + 1 рубль до 1080 среднемесячных базовых величин.	123,6 среднемесячной базовой величины + 25 % с суммы, превышающей 840 среднемесячных базовых величин.
От 1080 среднемесячных базовых величин + 1 рубль и выше.	183,6 среднемесячной базовой величины + 30 % с суммы, превышающей 1080 среднемесячных базовых величин

- Среднемесячная базовая величина – определяется с точностью до одного знака после запятой как отношение суммы базовых величин, действовавших в налоговом периоде к 12 (числу месяцев в календарном году). При этом за месяцы, которые на момент начисления налога не наступили, применяется размер базовой величины, действовавшей на дату начисления налога.
- К выдаче – разность между статьями Начислено, Пенсионный фонд и Подоходный налог.

Разместим таблицу 3.4 на листе «Выплаты и налоги» рабочей книги Excel в ячейках A2:K14, как показано на рис.3.6.

Рассчитаем столбец Оклад. Для этого умножим значение базовой величины за расчетный месяц на значение тарифного коэффициента. В ячейку B3 введем формулу $=B3 * C3$, которую скопируем в ячейки D4:D14. Для расчета Надбавки за стаж необходимо значение оклада умножить на величину коэффициента за стаж. Вначале определим стаж работника. Для этого в ячейку B18 введем формулу $=\text{ГОД}(\text{СЕГОДНЯ}()) - \text{ГОД}(B17)^2$.

Выплаты и налоги										
Месяц	Базовая величина	Тарифный коэфф.	Оклад	Надбавка за стаж	Премия	Начислено	Пенс. фонд	Начислено с начала года	Подоход. налог	К выдаче
Январь	29000	12								
Февраль	31000	12								
Март	31000	12								
Апрель	31000	12								
Май	33000	12								
Июнь	33000	12								
Июль	33000	12								
Август	33000	12								
Сентябрь	33000	14								
Октябрь	33000	14								
Ноябрь	35000	14								
Декабрь	35000	14								

Дата приема на работу	Стаж, лет	Стаж, лет	Козфф. за стаж (% от оклада)	Премия (% от оклада)	Месяц	Средне-месячная базовая величина
01.01.1989		До 5	20%	25%	Январь	29000
		От 5 до 10	30%	35%	Февраль	
		От 10 до 15	40%	50%	Март	
		Более 15	50%	50%	Апрель	
					Май	
					Июнь	
					Июль	

Рис.3.6. Таблицы с исходными данными

¹ Следует иметь ввиду, что настоящая формула в определенной степени является условной, поскольку при расчете стажа необходимо учитывать также день и месяц поступления на работу и день и месяц текущего года.

Зная стаж работника, можно, используя логические функции ЕСЛИ и И, легко рассчитать его Надбавку за стаж. Для этого в ячейку E3 введем формулу

=ЕСЛИ(И(\$B\$18>0;\$B\$18<5);\$E\$18*D3;ЕСЛИ(\$B\$18<10;\$E\$19*D3;ЕСЛИ(\$B\$18<15;\$E\$20*D3;\$E\$21*D3))),

которую затем скопируем в ячейки E4:E14.

В качестве аргумента логическое значение проверяется стаж работника (ячейка B18 – число отработанных лет), в зависимости от его значения выбирается величина коэффициента за стаж (ячейки E18:E21) и вычисляется размер надбавки. Абсолютные ссылки на ячейки B18, E18:E21 используются для того, чтобы адреса ячеек, содержащих число отработанных лет и коэффициент за стаж, при копировании вниз не изменялись. Премия, как и надбавка за стаж, зависит от стажа работника, поэтому формула для ее определения аналогична рассмотренной выше. Она вводится в ячейку F3 и имеет вид:

=ЕСЛИ(И(\$B\$18>0;\$B\$18<5);D3*\$F\$18;ЕСЛИ(\$B\$18<10;D3*\$F\$19;ЕСЛИ(\$B\$18<15;D3*\$F\$20;D3*\$F\$21))).

В ячейки F18:F21 внесены значения премии в процентах от оклада.

Далее формула копируется в ячейки F4:F14.

Столбец Начислено рассчитывается как сумма значений столбцов Оклад, Надбавка за стаж и Премия. В ячейку G3 вносится формула =СУММ(D3:F3), которая затем копируется в ячейки G4:G14.

Пенсионный фонд составляет 1 % от начисленного, поэтому в ячейку H3 нужно внести формулу =1%*G3 и скопировать ее в ячейки H4:H14.

Каждое значение столбца Начислено с начала года равно сумме предыдущих строк этого столбца: Начислено с начала года за февраль равно сумме начислений за январь и февраль, Начислено с начала года за март равно сумме начислений за январь, февраль и март и т.д. Вычисление таких сумм можно реализовать следующим образом: в ячейку I3 внести значение начисления за январь (=G3), а далее суммировать значения начислений за предыдущие месяцы: в ячейку I4 внести формулу =СУММ(\$G\$3:G4), в ячейку I5 – формулу =СУММ(\$G\$3:G5) и так до конца столбца. При копировании формулы из ячейки I4 в ячейки I5:I14 для ссылки на ячейку G3 использован абсолютный адрес (\$G\$3).

Для вычисления подоходного налога воспользуемся шкалой из таблицы 3.4 и реализуем ее с помощью логических функций ЕСЛИ и И. Следует обратить внимание на то, что значение ставки подоходного налога зависит от суммы, начисленной с начала года (ячейки I3:I14), а величина налога за расчетный месяц рассчитывается как процент от начисленного в этом месяце (ячейки G3:G14). Кроме того, среднемесячная расчетная базовая величина определяется в соответствии с методикой, изложенной в [13], как отно-

шение суммы базовых величин, действовавших в налоговом периоде к 12 (числу месяцев в календарном году). При этом за месяцы, которые на момент начисления налога не наступили, применяется размер базовой величины, действовавшей на дату начисления налога.

Среднемесячную базовую величину удобнее рассчитывать во вспомогательной таблице, размещенной в ячейках I17:G29 листа рабочей книги Excel. В этих ячейках I17:I29 перечислены названия месяцев, а в ячейках J17:G29 рассчитывается среднемесячная базовая величина. Значения за каждый месяц, кроме января, рассчитываются в соответствии с методикой, изложенной в [13], для указания значения за январь вносится принятая на начало 2000 года сумма в 29000 белорусских рублей.

Таким образом, для расчета подоходного налога в ячейку J3 необходимо внести формулу

=ЕСЛИ(И(I3>0; I3<240*J18); 9%*G3; ЕСЛИ(I3<600*J18; 9%*(G3-(I3-240*J18))+15%*(I3-240*J18); ЕСЛИ(I3<840*J18; 15%*(G3-(I3-600*J18))+20%*(I3-600*J18); ЕСЛИ(I3<1080*J18; 20%*(G3-(I3-840*J18))+25%*(I3-840*J18); 25%*(G3-(I3-1080*J18))+30%*(I3-1080*J18))))),

которую далее можно скопировать в ячейки J4:J14.

Столбец К выдаче рассчитывается как разность между значениями соответствующих строк столбцов Начислено, Пенсионный фонд и Подоходный налог. В ячейку K3 внесем формулу =G3-H3-J3, которую затем скопируем в ячейки K4:K14. Формулы для расчета среднемесячной базовой величины и результаты расчета среднемесячной базовой величины представлены на рис. 3.5 и 3.6. Рассчитанная таблица представлена на рис. 3.7

Месяц	Средне- месячная базовая величина
Январь	=B3
Февраль	=(B3+11*B4)/12
Март	=(СУММ(B3:B4)+10*B5)/12
Апрель	=(СУММ(B3:B5)+9*B6)/12
Май	=(СУММ(B3:B6)+8*B7)/12
Июнь	=(СУММ(B3:B7)+7*B8)/12
Июль	=(СУММ(B3:B8)+6*B9)/12
Август	=(СУММ(B3:B9)+5*B10)/12
Сентябрь	=(СУММ(B3:B10)+4*B11)/12
Октябрь	=(СУММ(B3:B11)+3*B12)/12
Ноябрь	=(СУММ(B3:B12)+2*B13)/12
Декабрь	=CPЗНАЧ(B3:B14)

Рис. 3.5. Формулы для расчета

Месяц	Средне- месячная базовая величина
Январь	29000
Февраль	30833,3
Март	30833,3
Апрель	30833,3
Май	32166,7
Июнь	32166,7
Июль	32166,7
Август	32166,7
Сентябрь	32166,7
Октябрь	32166,7
Ноябрь	32500,0
Декабрь	32500,0

Рис. 3.6. Результаты расчета

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Выплаты и налоги										
2	Месяц	Базовая величина	Ный коэфф	Оклад	Надбавка за стаж	Премия	Начислено	Пенс. фонд	Начислено с начала года	Подход. налог	К выдаче
3	Январь	29000	12	348000	174000	174000	866000	6660	666000	62640	829400
4	Февраль	31000	12	372000	186000	186000	744000	7440	1440000	66660	869600
5	Март	31000	12	372000	186000	186000	744000	7440	2184000	66660	869600
6	Апрель	31000	12	372000	186000	186000	744000	7440	2628000	66660	869600
7	Май	33000	12	396000	198000	198000	792000	7920	3720000	71280	712800
8	Июнь	33000	12	396000	198000	198000	792000	7920	4512000	71280	712800
9	Июль	33000	12	396000	198000	198000	792000	7920	5304000	71280	712800
10	Август	33000	12	396000	198000	198000	792000	7920	6096000	71280	712800
11	Сентябрь	33000	14	482000	231000	231000	824000	8240	7020000	83160	831600
12	Октябрь	33000	14	482000	231000	231000	824000	8240	7944000	86600	818160
13	Ноябрь	35000	14	490000	245000	245000	980000	9800	8924000	155640	814560
14	Декабрь	35000	14	490000	245000	245000	980000	9800	9904000	214440	755760
15											
16											
17	Дата приема на работу	01.01.1989		Стаж, лет	17	Кэфф. за стаж (% от оклада)	Премия (% от оклада)	Месяц	Средне-месячная базовая величина		
18	Стаж, лет			До 5		20%	25%	Январь	29000		
19				От 5 до 10		30%	35%	Февраль	30833,3		
20				От 10 до 15		40%	50%	Март	30833,3		
21				Более 15		50%	50%	Апрель	30833,3		
22											

Рис. 3.7. Таблица с результатами расчетов

При желании значения процентных ставок налога (9%, 15%, 20%, 25% и 30%) и граничные суммы средних базовых величин (240, 600, 840 и 1080) можно разместить в ячейках рабочего листа, присвоить этим диапазонам имена, а затем использовать ссылки на эти именованные диапазоны в формуле в качестве аргументов функции ЕСЛИ.

3.6. Задания для самостоятельной работы

Задания I уровня сложности

В книге MS Excel построить графики функций на заданном интервале:

№ варианта	Функция	Исходные данные
1	$S = \begin{cases} e^{1/2}, & t \leq 2 \\ a\sqrt{t^2 + 4}, & t > 2 \end{cases}$	[0; 5]; Δt = 0,5; a = 1,5
2	$Y = \begin{cases} a \cdot \cos(2x), & x < 1 \\ a\sqrt{4 - \lg(x)}, & x \geq 1 \end{cases}$	[-1; 3]; Δx = 0,25; a = 2,5

3	$Y = \begin{cases} \cos(x), & x < 1 \\ a\sqrt{2 + \ln(x)}, & x \geq 1 \end{cases}$	$[-1;3]; \Delta x = 0,4; a = 2$
4	$Y = \begin{cases} a \cdot \sin^2(x), & x \leq 0 \\ \frac{\arctg(x)}{\ln(1+x^2)}, & x > 0 \end{cases}$	$[-1;1]; \Delta x = 0,2; a = 3$
5	$S = \begin{cases} \frac{a \cdot \operatorname{ctg}(t)}{e^{a-t}}, & t < 4 \\ e^{a-t} \cos(t), & t \geq 4 \end{cases}$	$[2;6]; \Delta t = 0,4; a = 2,4$
6	$Y = \begin{cases} \sqrt{1 + \lg(x^2 + a)}, & x < 3 \\ \sqrt{a^2 + \lg(x)}, & x \geq 3 \end{cases}$	$[1;5]; \Delta x = 0,5; a = 3,5$
7	$S = \begin{cases} a \cdot e^{\sin(t)}, & t \leq 3 \\ a \cdot \lg(t), & t > 3 \end{cases}$	$[2;4]; \Delta t = 0,2; a = 5,2$
8	$Y = \begin{cases} a\sqrt{4 + \ln x }, & x \leq 2,5 \\ \sqrt{a^2 + \cos^2(x)}, & x > 2,5 \end{cases}$	$[1;4]; \Delta x = 0,25; a = 4$
9	$S = \begin{cases} \sqrt{a^2 + \lg^2 t+3 }, & t < -1 \\ e^{\cos(a-t)}, & t \geq -1 \end{cases}$	$[-2;2]; \Delta t = 0,25; a = 2,5$
10	$Y = \begin{cases} a \cdot (\cos^2 x \cdot \sin^2 x), & x < -1 \\ \sqrt{a^2 + t^2 x}, & x \geq -1 \end{cases}$	$[-2;5]; \Delta x = 0,5; a = 3,2$

Задания II уровня сложности

Вариант 1. В книге MS Excel создать ведомость для начисления заработной платы рабочим раскройного участка швейного цеха (не менее 10 – 12 записей). Ведомость должна содержать следующие поля: ФИО сотрудника, разряд, отработанное время, вычисляемые поля: тарифная зарплата, КТУ (коэффициент трудового участия), расчетная зарплата. Вычисляемые поля не заполняются.

Таблица 3.5. Тарифная зарплата

Разряд	Тарифная зарплата
-	60000
1	85000
2	95000
3	100000
4	120000
5	150000
6	200000

Таблица 3.6. КТУ

Отработанное время	КТУ
100-200	1,2
200-300	1,4
300-400	1,5

1. Заполнить столбец тарифная зарплата в соответствии с таблицей 3.5.
2. Заполнить столбец КТУ в соответствии с таблицей 3.6.
3. Рассчитать значения расчетной зарплаты:

$$\text{Расчетная зарплата} = \text{тарифная зарплата} * \text{КТУ}.$$
4. Определить общий фонд зарплаты рабочих 5-го и 6-го разрядов.
5. Построить диаграмму по данным столбцов тарифная зарплата и расчетная зарплата.

Вариант 2. В книге MS Excel создать ведомость для начисления премии рабочим раскройного участка швейного цеха (не менее 10 – 12 записей). Ведомость должна содержать следующие поля: ФИО сотрудника, стаж (лет), семейное положение, количество детей, **вычисляемые поля:** коэффициент, оклад, премия. **Вычисляемые поля не заполняются.**

1. Рассчитать значения коэффициентов, руководствуясь таблицей 3.7
2. Рассчитать оклад по формуле

$$\text{Оклад} = 10 * \text{Базовая величина} * \text{Коэффициент}.$$

Базовую величину принять равной 31000 руб.

3. Рассчитать премию, руководствуясь таблицей 3.8. Учесть, что премия не положена холостым сотрудникам, и в этом случае должен выводиться прочерк или соответствующий комментарий.
4. Рассчитать общую и среднюю сумму премии бригады.
5. Определить премиальный фонд рабочих, отработавших на предприятии менее пяти лет.
6. Построить диаграмму по данным столбцов стаж и количество детей.

Таблица 3.7. Коэффициенты

Коэффициент	Стаж
1	<1
1,1	1
1,2	2
1,3	3
1,4	4
1,7	5
2	>5

Таблица 3.8. Премия

Количество детей	Премия
1	10%
2	20%
3	30%
>3	50%

Вариант 3. В книге MS Excel создать список сотрудников отдела маркетинга (не менее 12-15 записей). Список должен содержать следующие поля: ФИО, оклад, количество продаж, **вычисляемые поля:** премия, сумма к выдаче. **Вычисляемые поля не заполняются.**

Премия зависит от количества продаж и равна проценту от оклада в соответствии с таблицей 3.9.

Таблица 3.9. Процент премии

Продажи	От 15 до 25	От 26 до 30	Более 30
Процент	50	75	100

1. Определить общую и среднюю сумму премии по отделу.
2. Определить среднее значение суммы к выдаче и общую сумму премии сотрудников, совершивших от 15 до 20 продаж.
3. Построить диаграмму по столбцам премия и сумма к выдаче.

Вариант 4. В книге MS Excel создать список студентов (не менее 12-15 записей). Список должен содержать следующие поля: ФИО, форма обучения (бюджет, внебюджет), средний балл, вычисляемые поля: коэффициент, стипендия. Вычисляемые поля не заполняются.

Стипендия начисляется только студентам-бюджетникам и рассчитывается следующим образом: стипендия = Базовая величина * Коэффициент. Значение базовой величины задать самостоятельно.

Коэффициент зависит от среднего балла и устанавливается в соответствии с таблицей 3.10.

Таблица 3.10. Коэффициенты

Средний балл	От 5 до 7	От 7 до 9	От 9 до 10	10
Коэффициент	1,7	2,2	2,6	3

1. Определить общий фонд стипендии группы.
2. Определить фонд стипендии студентов, у которых средний балл выше заданной величины.
3. Построить диаграмму по данным столбцов средний балл и коэффициент.

Вариант 5. В книге MS Excel создать ведомость готовой продукции на складе швейного предприятия (не менее 12-15 записей). Ведомость должна содержать следующие поля: наименование изделия, количество, год выпуска, цена, вычисляемые поля – процент, переоценка, стоимость.

Процент зависит от года выпуска и устанавливается в соответствии с таблицей 3.11.

Таблица 3.11. Процент уценки продукции

Год выпуска	2003 и ранее	2004	2005	2006
Процент	50	20	10	-

Переоценка = цена - уценка.

Уценка = процент * цена.

Стоимость = количество * переоценка.

1. Определить общую стоимость переоцененной продукции, выпущенной за каждый год.
2. Определить общую стоимость продукции, уцененной более, чем на 20%.
3. Построить диаграмму по данным столбцов цена и переоценка.

Вариант 6. В книге MS Excel составить таблицу цен товаров в магазине. Таблица содержит поля: наименование товара, дата поступления товара в магазин, цена товара при поступлении, текущая цена товара на сегодняшний день. В магазине текущая цена товара уменьшается в зависимости от дня поступления товара в соответствии со шкалой, размещенной в таблице 3.12.

Таблица 3.12. Шкала уценки товаров

Количество дней нахождения товара в магазине	Уценка товара, %от текущей цены
До 15	3
От 15 до 30	5
Более 30	10

Текущая цена товара = цена - цена * уценка товара.

Количество дней нахождения товара зависит от текущей даты

Указание: для определения текущей даты использовать функцию СЕГОДНЯ() категории «дата и время».

Построить диаграмму по столбцам цена товара при поступлении, текущая цена товара на сегодняшний день.

Вариант 7. В книге MS Excel составить таблицу заказов в магазине. Таблица содержит поля: наименование товара, цена товара, количество, сумма покупки. Количество заказов – 10-12. Сумма покупки определяется по формуле

Сумма покупки = цена товара * количество.

По каждому заказу подвести итог. Например,

Наименование товара	Цена товара	Количество	Сумма покупки
1	2	3	4
Заказ №1			
Молоко "Вкусное"	1 200	2	2 400
Салями "Витебская"	16 100	0,3	4 830
Сыр "Дамталлер"	32 400	0,2	6 480
Итого			13 710

На свободном месте листа сформировать вторую таблицу, которая содержит поля: № заказа, сумма покупки, время покупки, вычисляемые поля

сумма при скидке 5%, сумма при скидке 3%. № заказа и сумма покупки указываются из таблицы заказов как ссылки на ячейки.

Определить, сколько должен заплатить покупатель, если в магазине действует 5%-ная скидка на стоимость заказа, превышающую 20000 рублей и ночью 3%-ная скидка, действующая от 1 до 6 часов утра.

Указание: для определения размера 3%-ной скидки использовать функцию ЧАС категории «дата и время».

По результатам расчетов построить диаграмму по сумме покупки без скидки, со скидкой 5%, со скидкой 3%.

Вариант 8. В книге MS Excel составить таблицу, в которой в зависимости от числа часов, отработанных за неделю, рассчитать заработную плату без вычетов, сумму выплачиваемых налогов и зарплату после вычетов. Принять следующие условия:

- Базовая часовая ставка = 10,00 ден. ед. / час;
- Переработка (при превышении 40 часов) = базовая часовая ставка увеличивается в полтора раза;
- Налоговая ставка 15% с первых 300 ден. ед.
20% со следующих 150 ден. ед.
25% с остальной суммы.

Построить диаграмму, на которой представить в сравнении заработную плату без вычетов и зарплату после вычетов.

Вариант 9. В книге MS Excel составить ведомость реализации продукции. Ведомость должна содержать следующие поля: название предприятия, реализации отдела женской обуви (тыс. руб.), реализации отдела женской одежды (тыс. руб.), реализации отдела мужской обуви (тыс. руб.), реализации отдела мужской одежды (тыс. руб.), план реализации (тыс. руб.). Вычисляемые поля: реализация всего (тыс. руб.), % выполнения плана, размер премии (тыс. руб.). Ввести в таблицу 10-15 записей. Вычисляемые поля не заполняются.

Таблица 3.13. Шкала для начисления премии

% выполнения плана	Размер премии (% от плана реализации)
недовыполнение	0
1 – 15 %	10 %
15 – 30 %	20%
31 – 50 %	30%
Выше 50%	50%

Поле реализация всего рассчитывается как сумма реализации по каждому отделу.

Значения % выполнения плана=реализация всего/План реализации * 100 – 100.

Размер премии рассчитывается в соответствии с таблицей 3.13.

Определить премиальный фонд предприятий, перевыполнивших план более, чем на 30%.

Построить графики выполнения плана реализации по данным реализации всего, план реализации.

Вариант 10. Федеральная шкала налоговых ставок США (таблица 3.14) – самая простая за последнее время.

Таблица 3.14. Шкала налоговых ставок США

Одинокий	15% с первых \$17,8 плюс 28% при превышении этой суммы.
Глава семьи	15% с первых \$23,9 плюс 28% при превышении этой суммы.
Женат. Совместное ведение хозяйства	15% с первых \$29,7 плюс 28% при превышении этой суммы.
Женат. Раздельное ведение хозяйства.	15% с первых \$14,85 плюс 28% при превышении этой суммы.

Составить таблицу, в которой в зависимости от семейного положения и заработной платы, рассчитать сумму налога и сумму к выдаче. Построить диаграмму, на которой представить в сравнении заработную плату без вычетов и зарплату после уплаты налогов.

ГЛАВА 4. ФУНКЦИИ КАТЕГОРИИ «ССЫЛКИ И МАССИВЫ»

Зачастую инженеру-технологу, менеджеру или экономисту требуется провести расчеты на основе данных большого объема, представленных в нескольких таблицах. Примером такого расчета может служить вычисление расценки на выполнение технологической операции с учетом времени операции, представленного в технологической последовательности, и стоимости 1 секунды выполнения операции в соответствии с разрядом работы, представленной в тарифной сетке. В таких случаях возникает необходимость организации поиска ячейки в массиве данных (например, разряда работы в технологической последовательности) и сопоставления значения данной ячейки значениям из другой таблицы (например, разряду в тарифной сетке).

Для работы с массивами данных существуют специальные функции, которые относятся к категории «Ссылки и массивы». Они предназначены как для работы со ссылками на ячейку, так и для осуществления поиска в списках или таблицах. В данной главе рассмотрены наиболее часто используемые функции, такие как АДРЕС, ДВССЫЛ, ТРАНСП, ВПР, ГПР, ВЫБОР, ПОИСКПОЗ, ПРОСМОТР.

4.1. Функции для работы со ссылками на ячейку

Функция АДРЕС используется для нахождения ссылок к ячейке. Она создает адрес ячейки в виде текста, используя номер строки и номер столбца.

Формат

АДРЕС (номер_строки; номер_столбца; тип_ссылки; А1; имя листа)

Номер_строки – номер строки, используемый в ссылке ячейки.

Номер_столбца – номер столбца, используемый в ссылке ячейки.

Тип_ссылки – указывается тип возвращаемой ссылки в соответствии с таблицей.

Тип ссылки	Возвращаемый тип ссылки
1 или опущен	Абсолютный (\$D\$1)
2	Абсолютная строка, относительный столбец (D\$1)
3	Относительная строка, абсолютный столбец (\$D1)
4	Относительный (D1)

A1 – логическое значение, которое определяет формат адресов ячеек (A1-формат или R1C1-формат). Если a1 имеет значение ИСТИНА или опущено, то функция АДРЕС возвращает ссылку в A1-формате (см. главу 1), если этот аргу-

мент имеет значение ЛОЖЬ, то функция АДРЕС возвращает ссылку в формате R1C1.

Имя_листа – это имя рабочего листа, который используется для формирования внешней ссылки. Если имя_листа опущено, то внешние листы не используются.

Пример

=АДРЕС(3;4;1;1) равняется \$D\$3.

=АДРЕС(3;4;2;1) равняется D\$3.

=АДРЕС(3;4;3;1) равняется \$D3.

=АДРЕС(3;4;4;1) равняется D3.

Функция ДВССЫЛ возвращает ссылку, заданную текстовой строкой. Она используется, если требуется изменить ссылку на ячейку в формуле, не изменяя саму формулу.

Формат

ДВССЫЛ(ссылка_на_ячейку;A1).

Ссылка_на_ячейку – ссылка на ячейку, которая содержит ссылку в A1-формате, либо в R1C1-формате, имя, определенное как ссылка, или ссылку на ячейку в виде текстовой строки. Если этот аргумент не является допустимой ссылкой, то функция ДВССЫЛ возвращает значение ошибки #ССЫЛ!.

A1 – логическое значение, указывающее, какого типа ссылка содержится в ячейке ссылка_на_текст.

Если a1 имеет значение ИСТИНА или опущен, то ссылка_на_ячейку интерпретируется как ссылка в A1-формате, в противном случае – как ссылка в R1C1-формате.

Если ссылка_на_ячейку является ссылкой на другую рабочую книгу (внешней ссылкой), другая рабочая книга должна быть открытой, в противном случае функция ДВССЫЛ возвратит значение ошибки #ССЫЛКА!.

Пример 4.1

Найти расценку на выполнение каждой технологической операции в соответствии с разрядом работ. Стоимость 1 секунды выполнения операции по каждому разряду представлена в таблице 4.1. Затраты времени на выполнение операций представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.1. Стоимость 1 секунды выполнения операций рабочим определенного разряда

Разряд	Стоимость 1 секунды, руб.
1	50
2	52
3	60
4	65
5	73

Расценка на выполнение операции – это стоимость выполнения определенной операции, которая вычисляется по формуле

Расценка = Стоимость 1 секунды * Затрата времени.

Таблица 4.2. Затраты времени на выполнение операций

№ операции	Специальность	Тарифный разряд	Затрата времени	Расценка
1	М	2	24	
2	М	3	117	
3	У	3	50	
4	П	3	38	
5	У	3	80	
6	М	4	92	

Решение

Разместим таблицу 4.1 в ячейках A1:B6 листа 1. Присвоим ему имя Тап_сетка. Для этого выполним щелчок правой кнопкой мыши на ярлыке листа, и открывшемся меню выберем команду *Переименовать*, вместо имени Лист1 введем имя Тап_сетка и нажмем клавишу ENTER.

Разместим таблицу 4.2 в ячейках A1:E7 листа 2. Присвоим ему имя Расценка. В ячейку E2 листа Расценка введем формулу

=ДВССЫЛ(АДРЕС(3;2;1;4;"Тап_сетка"))*D2.

Здесь АДРЕС(3;2;1;4;"Тап_сетка") отображает адрес ячейки, содержащей стоимость 1 секунды 2 разряда. Функция ДВССЫЛ возвращает ссылку на ячейку, заданную с помощью функции АДРЕС.

В ячейку E3 листа Расценка введем формулу

=ДВССЫЛ(АДРЕС(4;2;1;4;"Тап_сетка"))*D3. В этой формуле изменился номер строки, который указывает на стоимость 1 секунды 3 разряда. Распространим эту формулу в ячейки E4:E6.

В ячейку E7 листа Расценка введем формулу

=ДВССЫЛ(АДРЕС(5;2;1;4;"Тап_сетка"))*D7.

Здесь 5 – номер строки листа Тап_сетка, содержащей стоимость 1 секунды 4 разряда.

Результат расчета расценки по каждой технологически неделимой операции представлен на рис. 4.1

№ операции	Специальность	Тарифный разряд	Затрата времени	Расценка
1	М	2	24	12480
2	М	3	117	70200
3	У	3	50	30000
4	П	3	38	22800
5	У	3	80	48000
6	М	4	92	69600

Рис. 4.1. Расчет расценки на выполнение операций

4.2. Функции для работы с массивами данных

Кроме функций для работы со ссылками на ячейку, в рассматриваемую категорию входят функции для работы с массивами данных любых типов (текстовые, числовые, логические). Эти функции могут возвращать в качестве результата одно значение или множество значений, т.е. массив.

Если функция возвращает множество значений, она должна быть введена как формула массива. Для этого необходимо выделить блок ячеек, размер которого зависит от количества значений, возвращаемых функцией, вызвать требуемую функцию, указать ее аргументы и завершить ввод формулы нажатием сочетания клавиш CTRL + SHIFT + ENTER.

Одной из таких функций является функция ТРАНСП, которая возвращает вертикальный диапазон ячеек в виде горизонтального и наоборот. В отличие от функций, рассмотренных ранее, эта функция возвращает множество значений, поэтому она должна быть введена как формула массива.

Формат:

ТРАНСП(массив)

Массив – это транспонируемый массив или диапазон ячеек на рабочем листе.

Транспонирование массива заключается в том, что первая строка массива становится первым столбцом нового массива, вторая строка массива становится вторым столбцом нового массива и так далее.

Для ввода функции ТРАНСП необходимо выделить блок ячеек, который должен содержать столько же строк и столбцов, сколько столбцов и строк имеет аргумент массив. Если формула не будет введена как формула массива, единственное значение будет равно 1. Ввод формулы завершается нажатием клавиш CTRL+SHIFT+ENTER.

Пример 4. 2

Известны межотраслевые потоки продукции 5 отраслей народного хозяйства, представленные в таблице 4.5. Найти валовый выпуск продукции $X_{отч}$ по каждой отрасли. Результаты вычислений представить в виде вектора-столбца и вектора строки.

Таблица 4.5. Межотраслевые потоки продукции

Отрасль	I	II	III	IV	V	$Y_{пл}$	$X_{отч}$
I	40	65	23	48	12	116	
II	24	50	26	40	61	110	
III	18	36	42	27	37	70	
IV	34	47	38	45	56	90	
V	26	17	19	30	20	70	

Валовый выпуск продукции $X_{отч}$ представляет собой сумму межотраслевых потоков и конечной продукции отрасли и рассчитывается по формуле

$$x_i = \sum_{j=1}^n x_{ij} + y_i, \quad (4.1)$$

где x_{ij} - межотраслевые потоки продукции;

i и j - соответственно номера отраслей производящих и потребляющих;

y_i - конечная продукция i -той отрасли, $i=1, \bar{n}$, $j=1, \bar{n}$.

Решение:

На листе MS Excel создаем исходную таблицу (ячейки A1:H8), как показано на рис. 4.2.

Для расчета валового выпуска продукции по формуле (4.1) помещаем курсор в ячейку H2 и вызываем функцию СУММ из категории «математические функции». Ее аргументом является диапазон ячеек A2:G2. Копируем указанную формулу в диапазон ячеек H3:H6 столбца $X_{отч}$.

Для представления значений $X_{отч}$ в виде вектора-строки используем функцию ТРАНСП. Для этого выделяем диапазон ячеек B7:F7, вызываем функцию ТРАНСП и задаем в качестве аргумента массив ячеек H2:H6. Ввод формулы завершаем нажатием клавиш CTRL+SHIFT+ENTER.

Результаты решения приведены на рис. 4.2 и 4.3.

Отрасль	I	II	III	IV	V	Упл	Итого
I	40	65	23	48	12	118	304
II	24	60	26	40	61	110	311
III	18	38	42	27	37	70	230
IV	34	47	38	46	56	90	310
V	26	17	19	30	20	70	182
Упл	118	110	70	90	70		
Итого	304	311	230	310	182		

Рис. 4.2. Расчет валового выпуска продукции по отраслям

Отрасль	I	II	III	IV	V	Упл	Итого
I	40	65	23	48	12	118	=СУММ(B2:G2)
II	24	60	26	40	61	110	=СУММ(B3:G3)
III	18	38	42	27	37	70	=СУММ(B4:G4)
IV	34	47	38	46	56	90	=СУММ(B5:G5)
V	26	17	19	30	20	70	=СУММ(B6:G6)
Упл	=ТРАНСП(G2:G8)	=ТРАНСП(G2:G8)	=ТРАНСП(G2:G8)	=ТРАНСП(G2:G8)	=ТРАНСП(G2:G8)		
Итого	=ТРАНСП(H2:H8)	=ТРАНСП(H2:H8)	=ТРАНСП(H2:H8)	=ТРАНСП(H2:H8)	=ТРАНСП(H2:H8)		

Рис. 4.3. Расчет валового выпуска продукции в терминах ячеек Excel

4.3. Функции ВПР и ГПР

Функции ВПР (вертикальный просмотр) и ГПР (горизонтальный просмотр) используются для работы со списками или таблицами, содержащими данные любых типов (текстовые, числовые, логические), причем функция ВПР используется в случае, если количество строк таблицы больше, чем количество столбцов, а функция ГПР – если количество столбцов таблицы больше количества строк.

Функция ВПР ищет значение в крайнем левом столбце таблицы и возвращает значение в той же строке из указанного столбца таблицы.

Формат

ВПР(искомое_значение;инфо_таблица;номер_столбца;интервальный_просмотр)

Искомое_значение – значение, которое должно быть найдено в первом столбце массива. Этот аргумент может быть значением, ссылкой на ячейку или текстовой строкой.

Инфо_таблица – таблица с информацией, в которой ведется поиск данных. Можно использовать ссылку на диапазон или блок или именованные диапазоны и блоки, например, Тарифная_сетка или Разряд.

Значения в первом столбце этого аргумента могут быть текстами, числами или логическими значениями, причем регистр букв не учитывается.

Номер_столбца – номер столбца в инфо_таблице, в котором должно быть найдено соответствующее значение. Если номер_столбца равен 1, то возвращается значение из первого столбца инфо_таблицы и так далее. Если номер_столбца меньше 1, то функция ВПР возвращает значение ошибки #ЗНАЧИ!; если номер_столбца больше, чем количество столбцов в инфо_таблице, то функция ВПР возвращает значение ошибки #ССЫЛ!.

Интервальный_просмотр – логическое значение, которое определяет, какое соответствие искомому значению должна искать ВПР среди значений инфо_таблицы – точное или приближенное. Если этот аргумент имеет значение ИСТИНА или опущен, то возвращается наибольшее значение, которое меньше, чем искомое_значение. Если этот аргумент имеет значение ЛОЖЬ, то функция ВПР ищет точное соответствие искомого значения значениям, представленным в инфо_таблице. Если таковое не найдено, то возвращается значение ошибки #Н/Д.

Если интервальный_просмотр имеет значение ИСТИНА, то значения в первом столбце инфо_таблицы должны быть расположены в порядке возрастания, в противном случае функция ВПР может вернуть неправильный результат. Если интервальный_просмотр имеет значение ЛОЖЬ, то инфо_таблицу можно не сортировать.

Если ВПР не может найти искомое значение и интервальный_просмотр имеет значение ИСТИНА, то используется наибольшее значение аргумента искомое_значение, которое меньше, чем искомое.

Если искомое_значение меньше, чем наименьшее значение в первом столбце аргумента инфо_таблица, или функция ВПР не может найти искомое значение и интервальный_просмотр имеет значение ЛОЖЬ, то возвращается значение ошибки #Н/Д.

Функция ГПР используется вместо функции ВПР, когда сравниваемые значения расположены в верхней строке таблицы данных, а возвращаемые значения расположены на несколько строк ниже. Функция ГПР ищет значение в верхней строке таблицы или массива значений и возвращает значение в том же столбце из заданной строки таблицы или массива.

Формат

ГПР(искомое_значение; инфо_таблица; номер_строки; интервальный_просмотр)

Искомое_значение – это значение, которое требуется найти в первой строке таблицы. Данный аргумент может быть значением, ссылкой или текстовой строкой.

Инфо_таблица – как и в функции ВПР, это таблица с информацией, в которой осуществляется поиск данных. Можно использовать ссылку на диапазон или блок или именованные диапазоны и блоки. Значения в первой строке этого аргумента могут быть текстами, числами или логическими значениями, причем регистр букв не учитывается.

Номер_строки – номер строки в массиве инфо_таблица, из которой будет возвращено сопоставляемое значение. Если номер_строки равен 1, то возвращается значение из первой строки инфо_таблицы и так далее. Если номер_строки меньше 1, то функция ГПР возвращает значение ошибки #ЗНАЧ!; если номер_строки больше, чем количество строк в аргументе инфо_таблица, то функция ГПР возвращает значение ошибки #ССЫЛ!.

Интервальный_просмотр – аналогичен соответствующему аргументу функции ВПР. Отличие состоит в том, что функция ГПР осуществляет просмотр по строкам, а функция ВПР – по столбцам.

Если этот аргумент имеет значение ИСТИНА, то значения в первой строке аргумента инфо_таблица должны быть отсортированы в возрастающем порядке, в противном случае функция ГПР может вернуть неправильный результат. Если интервальный_просмотр имеет значение ЛОЖЬ, то инфо_таблицу можно не сортировать.

Если ГПР не может найти искомое значение и интервальный_просмотр имеет значение ИСТИНА, то используется наибольшее значение, которое меньше, чем искомое_значение.

Если искомое значение меньше, чем наименьшее значение в первой строке инфо_таблицы, то функция ГПР возвращает значение ошибки #Н/Д.

Пример 4. 3

Рассчитать сумму экологического налога на выбросы загрязняющих веществ на основании данных, приведенных в таблицах 4.6, 4.7, 4.8. При решении задачи использовать функции: а) ВПР; б) ГПР.

Таблица 4.6. К расчету экологического налога

Наименование топлива	Пробег авто, км	Фактически сожжено топлива за отчетный месяц, м ³	Ставка налога за выбросы, тыс.руб. за тонну	Сумма налога к уплате, тыс. руб.
Бензин А-92	3500		115482	
Бензин А-76	4000		115482	
Дизельное топливо	3000		73532	

Таблица 4.7. Показатели топлива

Топливо	Удельная плотность	Норма расхода на 100 км, литр
Бензин А-76	0,725	11
Бензин А-92	0,767	9
Дизельное топливо	0,84	30

Таблица 4.8. Понижающий коэффициент

Сожжено топлива за отчетный месяц, м ³	Понижающий коэффициент за передвижные источники выбросов
До 200	0,9
От 200 до 500	0,85
Более 500	0,7

Показатели, представленные в таблице 4.6, рассчитываются по следующим формулам

Фактически сожжено топлива = Пробег авто*Норма расхода* Удельная плотность

Сумма налога = Фактически сожжено топлива*Ставка налога* Понижающий коэффициент.

Решение

На листе 1 разместим исходные данные так, как показано на рис. 4.4. Присвоим листу имя ВПР.

Исходные данные				Показатели топлива			Показатели коэффициента		
Имя	Пробег, км	Фактически сожжено топлива за отчетный месяц, м3	Ставка налога за литром, руб.	Сумма налога к уплате, тыс. руб.	Топливо	Удельная плотность	Норма расхода на 100 км, литр	Среднее топливо за отчетный месяц, м3	Понижающий коэффициент за период истекшего месяца
Имя А2	3500		11642		Бензин А-76	0,725	11	0	0,9
Имя А76	4000		11642		Бензин А-92	0,767	0	200	0,85
Древесное топливо	3000		7362		Древесное топливо	0,84	30	500	0,7

Рис. 4.4. Исходные данные

Для того, чтобы использовать функцию ВПР, данные столбца Топливо таблицы 4.7 должны быть отсортированы по возрастанию. Присвоим этой таблице имя Показатели. Для этого выделим блок G2: I5, установим табличный курсор в строку имен и введем имя Показатели, после чего нажмем клавишу ENTER.

Функция ВПР позволяет найти приближенные значения в info_таблице и возвращает наибольшее значение, которое меньше, чем искомое значение, поэтому допустимо ограничиться только начальными значениями диапазона данных. Для того, чтобы использовать функцию ВПР для отображения понижающего коэффициента при вычислении суммы налога к уплате, таблицу 4.8 необходимо преобразовать так, как представлено на рис. 4.4.

Для расчета количества фактически сожженного топлива за отчетный период в ячейку C3 введем формулу

=B3/100*ВПР (A3;Показатели;2;0)*ВПР (A3;Показатели;3;0) .

Здесь Показатели – таблица 4.7; 2 – номер столбца, содержащего удельную плотность топлива; 0 – логическое значение, указывающее, что требуется полное соответствие; 3 – номер столбца, содержащего норму расхода топлива на 100 км.

Значение 100 в формуле используется для перевода пробега автомобиля в сотни километров.

Так как таблице 4.7 было присвоено имя Показатели, нет необходимости использовать абсолютную ссылку для указания диапазона таблицы.

Копируем эту формулу в ячейки C4: C5.

Для вычисления суммы налога к уплате в ячейку E3 введем формулу =C3*D3*ВПР (C3;Коэффициент;2;1) .

Здесь C3 – ячейка, содержащая фактическое количество топлива, сожженного за отчетный месяц, м³.

D3 – ячейка, содержащая ставку налога на выбросы.

Функция ВПР (C3;Коэффициент;2;1) обеспечивает выбор понижающего коэффициента в зависимости от фактического количества сожженного топлива за отчетный месяц.

Здесь Коэффициент – таблица 4.8; 2 – номер столбца, содержащего понижающий коэффициент за источники выбросов; 1 – логическое значение, ко-

торое указывает, что функция ВПР будет искать приближенное соответствие значениям столбца 1.

Скопируем эту формулу в ячейки Е4:Е5.

На рис. 4.5 и 4.6 представлены результаты расчетов.

А	В	С	Д	Е
К расчету экологического налога				
Наименование топлива	Пробег авто, км	Фактически сожжено топлива за отчетный месяц, мЗ	Ставка налога за выбросы, тыс.руб. за т.	Сумма налога к уплате, тыс. руб.
Бензин А-92	3500	241,805	115482	23715874,32
Бензин А-76	4000	319	115482	31312944,3
Дизельное топливо	3000	756	73532	38913134,4

Рис. 4.5. Расчет экологического налога на выбросы

К расчету экологического налога				
Наименование топлива	Пробег авто, км	Фактически сожжено топлива за отчетный месяц, мЗ	Ставка налога за выбросы, тыс.руб. за т.	Сумма налога к уплате, тыс. руб.
Бензин А-92	3500	=B3/100*ВПР(A3;Показатели;3;0;ВПР(A3;Показатели;3;0))	115482	=C3*С3*ВПР(C3;Коэффициент;2;1)
Бензин А-76	4000	=B4/100*ВПР(A4;Показатели;3;0;ВПР(A4;Показатели;3;0))	115482	=C4*С4*ВПР(C4;Коэффициент;2;1)
Дизельное топливо	3000	=B6/100*ВПР(A6;Показатели;3;0;ВПР(A6;Показатели;3;0))	73532	=C6*С6*ВПР(C6;Коэффициент;2;1)

Рис. 4.6. Расчет экологического налога в режиме формул

Для решения задачи с использованием функции ГПР создадим копию листа ВПР, присвоив ему имя ГПР. Преобразуем таблицы 4.7 и 4.8, используя функцию ТРАНСП, так, как представлено на рис. 4.7.

Показатель	Бензин А-76	Бензин А-92	Дизельное топливо
Удельная плотность	0,725	0,787	0,84
Норма расхода на 100 км, литр	11	9	30
Сожжено топлива за отчетный месяц, мЗ	0	200	600
Понижающий коэффициент за передвижные источники выбросов	0,9	0,85	0,7

Рис. 4.7. Таблицы 4.7-4.8 в соответствии с требованиями к функции ГПР

На рис. 4.8 представлены преобразованные таблицы в режиме формул.

Microsoft Excel - книга				
	Показатель	=ТРАНСП(ОЗ:И5)	=ТРАНСП(ОЗ:И5)	=ТРАНСП(ОЗ:И5)
И	=ТРАНСП(И2:И2)	=ТРАНСП(ОЗ:И5)	=ТРАНСП(ОЗ:И5)	=ТРАНСП(ОЗ:И5)
И	=ТРАНСП(И2:И2)	=ТРАНСП(ОЗ:И5)	=ТРАНСП(ОЗ:И5)	=ТРАНСП(ОЗ:И5)
И				
И	=ТРАНСП(И2:И5)	=ТРАНСП(И2:И5)	=ТРАНСП(И2:И5)	=ТРАНСП(И2:И5)
И	=ТРАНСП(И2:И5)	=ТРАНСП(И2:И5)	=ТРАНСП(И2:И5)	=ТРАНСП(И2:И5)

Рис. 4.8. Преобразованные таблицы 4.7 – 4.8 в режиме формул

Здесь И2:И2 – ячейки, содержащие показатели топлива; ОЗ:И5 – ячейки, содержащие значения показателей; И2:И5 – ячейки таблицы 3.8.

Для того, чтобы использовать функцию ГПР, данные строки Показатель должны быть отсортированы по возрастанию.

Преобразованным таблицам 4.7 и 4.8 присвоим собственные имена Показатели_т и К_выбросы соответственно.

Для расчета количества фактического сожженного топлива за отчетный период в ячейку С3 введем формулу

=ИЗ/100*ГПР(А3;Показатели_т;2;0)*ГПР(А3;Показатели_т;3;0).

Здесь Показатели_т – преобразованная таблица 4.7; 2 – номер строки, содержащей удельную плотность топлива; 0 – логическое значение, указывающее, что требуется полное соответствие; 3 – номер строки, содержащей норму расхода топлива на 100 км.

Значение 100 в формуле используется для перевода пробега автомобиля в сотни километров.

Копируем эту формулу в ячейки С4:С5.

Для вычисления суммы налога к уплате в ячейку Е3 введем формулу

=С3*Д3*ГПР(С3;К_выбросы;2;1).

Здесь С3 – ячейка, содержащая фактическое количество топлива, сожженного за отчетный месяц, м³.

Д3 – ячейка, содержащая ставку налога на выбросы;

Функция ГПР(С3;К_выбросы;2;1) обеспечивает выбор понижающего коэффициента в зависимости от фактического количества сожженного топлива за отчетный месяц.

Здесь К_выбросы – преобразованная таблица 4.8; 2 – номер строки, содержащей понижающий коэффициент за источники выбросов, 1 – логическое

значение, которое указывает, что функция ГПР будет искать приближенное соответствие значениям строки 1.

Скопируем эту формулу в ячейки Е4:Е5.

В результате получили те же значения, что и при расчете с использованием функции ВПР. Расчет в режиме формул представлен на рис. 4.9.

К расчету экологического налога					
Наименование топлива	Пробег авто, км	Фактически сожжено топлива и экв. отеческий весов, кг	Ставка налога за выброс, тыс.руб. за т.	Сумма налога к уплате, тыс.руб.	
Бензин А-92	3600	=B3/100*ГПР(A3;Посказатели_т:2;Ф*ГПР(A3;Посказатели_т:3;Ф))	116482	=C3*D3*ГПР(C3;К_выбросов:2;1)	
Бензин А-76	4000	=B4/100*ГПР(A4;Посказатели_т:2;Ф*ГПР(A4;Посказатели_т:3;Ф))	116482	=C4*D4*ГПР(C4;К_выбросов:2;1)	
Дизельное топливо	3000	=B6/100*ГПР(A6;Посказатели_т:2;Ф*ГПР(A6;Посказатели_т:3;Ф))	173532	=C6*D6*ГПР(C6;К_выбросов:2;1)	

Рис. 4.9. Расчет экологического налога с использованием функции ГПР

4.4. Функции ВЫБОР и ПОИСКПОЗ

Функция ВЫБОР использует номер индекса, чтобы выбрать и вернуть значение из списка аргументов-значений. Она используется в случае, если необходимо выбрать одно значение из списка, в котором может быть до 29 значений.

Формат

ВЫБОР (номер_индекса; значение1; значение2; ...)

Номер_индекса — номер выбираемого аргумента-значения. Номер_индекса должен быть числом от 1 до 29, формулой или ссылкой на ячейку, содержащую число в диапазоне от 1 до 29.

Если номер_индекса равен 1, то функция ВЫБОР возвращает значение1; если он равен 2, то функция ВЫБОР возвращает значение2 и так далее. Если номер_индекса является дробным, то он усекается до меньшего целого.

Если номер_индекса меньше 1 или больше, чем номер последнего значения в списке, то функция ВЫБОР возвращает значение ошибки #ЗНАЧИ.

Значение1, значение2, ... — это от 1 до 29 аргументов-значений, из которых ВЫБОР, используя номер_индекса, выбирает значение или выполняемое действие. Аргументы могут быть числами, ссылками на ячейки, именами, формулами, функциями или текстами.

Если номер_индекса является массивом, то каждое значение вычисляется при выполнении функции ВЫБОР.

Аргументы-значения функции ВЫБОР могут быть как ссылками на интервал, так и отдельными значениями.

Функция ПОИСКПОЗ возвращает относительное положение элемента массива, который соответствует заданному значению указанным образом. Эта функция используется вместо функций типа ПРОСМОТР, если нужна позиция элемента в диапазоне, а не сам элемент.

Формат

ПОИСКПОЗ (Искомое_значение; просматриваемый_массив; тип_сопоставления)

Искомое_значение – значение, используемое при поиске значения в таблице.

Искомое_значение – значение, которое сопоставляется со значениями в аргументе просматриваемый_массив. Например, при поиске отпускной цены товара в накладной артикул товара указывается в качестве искомого значения, а требуемым значением будет отпускная цена.

Искомое_значение может быть значением – числом, текстом или логическим значением, или ссылкой на ячейку, содержащую число, текст или логическое значение.

Просматриваемый_массив – это непрерывный интервал ячеек, возможно, содержащих искомые значения. Этот аргумент может быть массивом или ссылкой на массив.

Тип_сопоставления – число (-1, 0 или 1), указывающее, как искомое значение сопоставляется со значениями аргумента просматриваемый_массив. Если тип_сопоставления равен 1, то функция ПОИСКПОЗ находит наибольшее значение, которое равно или меньше, чем искомое_значение, причем просматриваемый_массив должен быть упорядочен по возрастанию. Если тип_сопоставления равен 0, то функция ПОИСКПОЗ находит первое значение, которое в точности равно аргументу искомое_значение. Значения аргумента просматриваемый_массив могут располагаться в любом порядке. Если тип_сопоставления равен -1, то функция ПОИСКПОЗ находит наименьшее значение, которое равно и больше, чем искомое_значение. Просматриваемый_массив должен быть упорядочен по убыванию. Если этот аргумент опущен, то предполагается, что он равен 1.

ПОИСКПОЗ возвращает позицию соответствующего значения в аргументе просматриваемый_массив, а не само значение. Тексты в верхнем и нижнем регистре считаются эквивалентными. Если функция ПОИСКПОЗ не находит соответствующего значения, то возвращается значение ошибки #Н/Д.

Если тип_сопоставления равен 0 и искомое_значение является текстом, то искомое_значение может содержать символы шаблона – звездочку (*) и знак вопроса (?). Звездочка соответствует любой последовательности символов, знак вопроса соответствует любому одиночному символу.

Пример 4. 4

В таблице 4.9 даны сведения об оборотных средствах текстильного предприятия. В таблице 4.10 приводятся данные о количестве оборудования в цехах текстильного предприятия.

Определить общий износ и общую остаточную стоимость по каждому виду оборудования.

Таблица 4.9. Оборотные средства текстильного предприятия

Шифр оборудования	Наименование материальных средств	Первоначальная стоимость	Сумма износа	Норма амортизации	Износ единицы оборудования	Остаточная стоимость единицы оборудования
21	Пресс для ВТО	800000	12000	18		
11	Ткацкий станок Т1	1000000	10000	10		
12	Ткацкий станок Т2	1500000	15000	11		
31	Швейная машина 1022 класса	300000	5000	16		
32	Швейная машина 1097 класса	350000	7000	15		

Таблица 4.10. Сведения об оборудовании по каждому цеху

Наименование цеха	Шифр оборудования	Количество	Общий износ	Общая остаточная стоимость
Ткацкий цех №1	11	10		
Ткацкий цех №1	12	15		
Ткацкий цех №1	31	2		
Ткацкий цех №2	11	15		
Ткацкий цех №2	12	5		
Ткацкий цех №3	11	10		
Ткацкий цех №3	12	10		
Ткацкий цех №3	31	2		
Ткацкий цех №3	31	3		
Швейный цех №1	31	28		
Швейный цех №1	32	34		
Швейный цех №1	21	10		
Швейный цех №2	31	30		
Швейный цех №2	32	20		
Швейный цех №2	21	5		

Для расчета общего износа и общей остаточной стоимости оборудования необходимо найти износ единицы оборудования, который рассчитывается по формуле

Износ единицы оборудования = Первоначальная стоимость * Норма амортизации / (12*100),

и остаточную стоимость единицы оборудования по формуле

Остаточная стоимость единицы оборудования = Первоначальная стоимость - Сумма износа - Износ единицы оборудования.

Общий износ оборудования и общая остаточная стоимость рассчитываются по формулам

Общий износ = Износ единицы оборудования * Количество оборудования.

Общая остаточная стоимость = Остаточная стоимость единицы оборудования * Количество оборудования.

Решение

Разместим исходные данные таблицы 4.9 в ячейках A2:G7 листа 1, данные таблицы 4.10 в ячейках I2:M17. Присвоим листу имя **Оборотные средства**.

Для расчета износа единицы оборудования в ячейку F3 введем формулу $=C3 * M3 / (12 * 100)$. Скопируем ее в ячейки F4:F7.

В ячейку G3 введем формулу, обеспечивающую расчет остаточной стоимости единицы оборудования, $=C3 - D3 - F3$. Скопируем ее в ячейки G4:G7.

Расчет показателей представлен на рис. 4.10 и 4.11.

Оборотные средства текстильного предприятия						
Шифр	Наименование материальных средств	Первоначальная стоимость	Сумма износа	Норма амортизации	Износ единицы оборудования	Остаточная стоимость единицы оборудования
21	Пресс для ВТО	800000	12000	18	12000	778000
11	Ткацкий станок Т1	1000000	10000	10	8333	981667
12	Ткацкий станок Т2	1600000	16000	11	13760	1471260
31	Швейная машина 1022 кл	300000	6000	16	4000	291000
32	Швейная машина 1007 кл	350000	7000	15	4375	338625

Рис. 4.10. Сведения об оборотных средствах текстильного предприятия

Оборотные средства текстильного предприятия						
Шифр	Наименование материальных средств	Первоначальная стоимость	Сумма износа	Норма амортизации	Износ единицы оборудования	Остаточная стоимость единицы оборудования
21	Пресс для ВТО	800000	12000	18	$=C3 * E3 / (12 * 100)$	$=C3 - D3 - F3$
11	Ткацкий станок Т1	1000000	10000	10	$=C4 * E4 / (12 * 100)$	$=C4 - D4 - F4$
12	Ткацкий станок Т2	1600000	16000	11	$=C5 * E5 / (12 * 100)$	$=C5 - D5 - F5$
31	Швейная машина 1022 кл	300000	6000	16	$=C6 * E6 / (12 * 100)$	$=C6 - D6 - F6$
32	Швейная машина 1007 кл	350000	7000	15	$=C7 * E7 / (12 * 100)$	$=C7 - D7 - F7$

Рис. 4.11. Расчет показателей в режиме формул

Для расчета общего износа единицы оборудования в ячейку L3 введем формулу

=K3*ВЫБОР (ПОИСКПОЗ (\$J3;\$A\$3:\$A\$7;0);F\$3;F\$4;F\$5;F\$6;F\$7).

Здесь ПОИСКПОЗ (\$J3;\$A\$3:\$A\$7;0) возвращает номер позиции шифра оборудования из таблицы 4.10, который соответствует значению шифра оборудования из таблицы 4.9.

ВЫБОР (ПОИСКПОЗ (\$J3;\$A\$3:\$A\$7;0);F\$3;F\$4;F\$5;F\$6;F\$7) по номеру позиции шифра оборудования находит соответствующее значение износ единицы оборудования. КЗ – количество оборудования данного вида, установленное в цехе.

Для вычисления общей остаточной стоимости скопируем указанную выше формулу в ячейку М3. Далее распространим формулы в ячейки L4:M17.

Результаты расчета представлены на рис. 4.12 и 4.13.

Очевидно, что при использовании этих функций решение приобретает громоздкий вид, поэтому для отображения значений целесообразнее использовать функцию ВПР.

Средний об оборудовании по каждому цеху				
Наименование цеха	Шифр оборудования	Количество	Общий изно	Общая остаточная стоимость
Ткацкий цех №1	11	10	83333	8618867
Ткацкий цех №1	12	16	206250	23068750
Ткацкий цех №2	11	16	126000	14726000
Ткацкий цех №2	12	6	68750	7368260
Ткацкий цех №3	11	10	83333	8618867
Ткацкий цех №3	12	10	137500	14712500
Швейный цех №3	31	2	6000	682000
Швейный цех №3	31	3	12000	872000
Швейный цех №1	31	28	112000	8148000
Швейный цех №1	32	34	148750	11613260
Швейный цех №1	21	10	120000	7760000
Швейный цех №2	31	30	120000	8730000
Швейный цех №2	32	20	87500	6772500
Швейный цех №2	21	6	60000	3980000
Ткацкий цех №1	31	2	6000	682000

Рис. 4.12. Расчет показателей по каждому цеху

4.5. Функция ПРОСМОТР

Функция ПРОСМОТР возвращает значение из строки, из столбца или массива, соответствующее значению в искомой ячейке. Функция ПРОСМОТР имеет две синтаксические формы: вектор и массив.

Векторная форма просматривает диапазон, в который входят значения только одной строки или одного столбца, в поисках определенного значения и возвращает значение из другого столбца или строки. Она используется, когда требуется указать интервал, в котором находятся искомые значения.

Формат

ПРОСМОТР (искомое_значение;массив)

Искомое_значение – это значение, которое ПРОСМОТР ищет в массиве. Если ПРОСМОТР не может найти искомое_значение, то подходящим считается наибольшее значение в аргументе массив, которое меньше чем искомое_значение.

Если искомое_значение меньше, чем наименьшее значение в первой строке или первом столбце (в зависимости от размерности массива), то функция ПРОСМОТР возвращает значение ошибки #Н/Д.

Массив – это интервал ячеек содержащих текст, числа или логические значения, которые сравниваются с искомым значением.

Форма массива функции ПРОСМОТР очень похожа на функции ГПР и ВПР с той разницей, что функция ГПР ищет искомое значение в первой строке, функция ВПР ищет в первом столбце, а функция ПРОСМОТР ищет в соответствии с размерностями массива.

Если ширина массива больше его высоты, то функция ПРОСМОТР ищет искомое значение в первой строке. Если массив имеет больше строк, чем столбцов, то функция ПРОСМОТР ищет в первом столбце.

Используя функции ГПР и ВПР, можно указывать индекс по направлению вниз и вправо, а функция ПРОСМОТР всегда выбирает последнюю ячейку в строке или столбце.

Пример 4. 5

Решить задачу из примера 4. 3, используя функцию ПРОСМОТР.

Решение

В ячейках А2:Е5 разместим исходные данные из таблицы 4.6, в ячейках G2: I5 – исходные данные таблицы 4.7, в ячейках K2: L5 – исходные данные таблицы 4.8 (см. пример 4.3, рис. 4.4).

Для того, чтобы использовать функцию ПРОСМОТР, данные столбца Топливо таблицы 4.7 должны быть отсортированы по возрастанию.

Столбцу Топливо в поле имени присвоим имя Топливо, столбцу Удельная плотность – Уд_плотность.

Для расчета количества фактически сожженного топлива за отчетный период в ячейку С3 введем формулу

=В3/100*ПРОСМОТР(А3;Топливо;Уд_плотность)*ПРОСМОТР(А2;G\$2:I\$4).

В этой формуле используется две формы функции ПРОСМОТР: векторная и форма массива.

Векторная форма ПРОСМОТР(А3;Топливо;Уд_плотность) возвращает значение удельной плотности, соответствующее каждому виду топлива. Функция ПРОСМОТР смотрит на вид топлива (ячейка А3), находит этот вид топлива в

таблице 4.6 (столбец Топливо) и возвращает значение удельной плотности, соответствующее данному виду топлива (столбец Уд_плотность).

Форма массива ПРОСМОТР(А3;G\$3:I\$5) возвращает значение нормы расхода топлива на 100 км. Функция ПРОСМОТР смотрит на вид топлива (ячейка А1) и возвращает значение нормы расхода топлива из аналогичной позиции последнего столбца массива (массив – ячейки G\$3:I\$5, последний столбец – ячейки I\$3:I\$5). Копируем эту формулу в ячейки С4:С5.

Значение 100 в формуле используется для перевода пробега авто в сотни километров.

Функция ПРОСМОТР в случае, если не может найти искомое_значение в аргументе массив, считает подходящим наибольшее значение в этом аргументе, которое меньше чем искомое_значение, следовательно, можно ограничиться только начальными значениями диапазона данных. Поэтому для того, чтобы использовать функцию ПРОСМОТР для отображения понижающего коэффициента при вычислении суммы налога к уплате, преобразуем таблицу 4.8, как и в случае с функцией ВПР (см. пример 4.3, рис. 4.4).

Для вычисления суммы налога к уплате в ячейку Е3 введем формулу $=C3*D3*ПРОСМОТР(C3;K$3:L$5)$.

Здесь С3 – ячейка, содержащая фактическое количество топлива, сожженного за отчетный месяц, м³.

D3 – ячейка, содержащая ставку налога на выбросы.

Форма массива ПРОСМОТР(С3;K\$3:L\$5) обеспечивает выбор понижающего коэффициента в зависимости от фактического количества сожженного топлива за отчетный месяц. Функция ПРОСМОТР смотрит на фактическое количество топлива и возвращает значение понижающего коэффициента из аналогичной позиции последнего столбца массива.

Скопируем эту формулу в ячейки Е4:Е5.

Расчет экологического налога на выбросы загрязняющих веществ представлен на рис. 4.14 и 4.15.

	А	В	С	Д	Е
1	К расчету экологического налога				
	Наименование топлива	Пробег авто, км	Фактически сожжено топлива за отчетный месяц, м ³	Ставка налога за выбросы, тыс. руб. за т.	Сумма налога к уплате, тыс. руб.
2	Бензин А-92	3500	241,605	115482	23715874,32
4	Бензин А-76	4000	319	115482	31312944,3
5	Дизельное топливо	3000	756	73532	38913134,4

Рис. 4.14. Расчет экологического налога на выбросы

A		B		C		D		E	
К расчету экологического налога									
Наименование топлива	Пробег авто, км	Фактически сожжено топлива за отчетный месяц, м3				Ставка налога за выброс, тыс.руб. за т.	Сумма налога к уплате, тыс. руб.		
Бензин А-92	3500	=B3/100*ПРОСМОТР(A3;Топливо;Уд.плотность;УПРОСМОТР(A3;B3;15))				115462	=С3*D3*ПРОСМОТР(C3;K3;150)		
Бензин А-76	4000	=B4/100*ПРОСМОТР(A4;Топливо;Уд.плотность;УПРОСМОТР(A4;B4;15))				115462	=С4*D4*ПРОСМОТР(C4;K3;150)		
Дизельное топливо	3000	=B5/100*ПРОСМОТР(A5;Топливо;Уд.плотность;УПРОСМОТР(A5;B5;15))				73632	=С5*D5*ПРОСМОТР(C5;K3;150)		

Рис. 4.15. Расчет экологического налога в режиме формул

4.6. Задания для самостоятельной работы

Далее приведены варианты заданий для проведения расчетов с использованием функций рассмотренной категории. Рекомендуется использовать именованные ячейки, блоки и диапазоны для указания адресов таблиц и показателей в функциях.

Пример решения задачи варианта 3 приведен в приложении А.

Вариант 1. На швейном предприятии предполагается провести усовершенствование условий труда работников экспериментального цеха. В таблице 4.11 приведены данные об ожидаемом снижении трудоемкости по каждому варианту механизации работ.

В таблице 4.12 приведены затраты по каждому варианту механизации, в таблице 4.13 приведены данные о количестве работников экспериментального цеха и их среднегодовой заработной плате.

Таблица 4.11. Ожидаемое снижение трудоемкости по видам работ по каждому из вариантов механизации, %

Вид работ	Должность исполнителя	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Расчетные работы	Инженер-расчетчик	30%	10%	50%
Конструкторские работы	Конструктор	25%	20%	5%
Прочие (калькирование и др.)	Служащий	40%	25%	12%

Таблица 4.12. Затраты по каждому из вариантов механизации

Показатель	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Годовые затраты по использованию средств механизации, S, тыс. руб.	38000	15000	35000
Стоимость приобретения средств механизации, K, тыс. руб.	240000	160000	120000

Коэффициент дополнительной заработной платы и начислений по социальному страхованию, $K_{\text{доп}} - 1,3$

Накладные расходы по КБ, $K_{\text{н}} - 80 \%$

Таблица 4.13. Штаты

Должность	Количество	Средняя годовая з/п, тыс. руб.
Инженер-расчетчик	6	1650
Инструктор	75	1750
Служащий	18	1200

1. Определить годовую экономию текущих затрат по каждому виду работ и экспериментальному цеху в общем.

Годовая экономия текущих затрат по i -тому виду работ

$$\mathcal{E}'_{год,i} = L_{год,i} \cdot n_i \cdot \frac{k_{ci}}{100},$$

где $L_{год,i}$ – годовая заработная плата одного работающего по i -тому виду работ, тыс. руб./год; n_i – количество сотрудников, занятых i -тым видом работ; k_{ci} – ожидаемое снижение трудоемкости по i -тому виду работ, %.

Общая годовая экономия текущих затрат по экспериментальному цеху

$$\mathcal{E}'_{год} = \sum_{i=1}^m \mathcal{E}'_{год,i} \cdot \left(k_{доп} + \frac{k_n}{100} \right),$$

где m – количество видов работ; $k_{доп}$ – коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату и начисления; k_n – накладные расходы, %.

2. Годовая экономия с учетом затрат по использованию средств механизации, тыс. руб./год

$$\mathcal{E}_{год} = \mathcal{E}'_{год} - S_{год}.$$

Если $\mathcal{E}_{год} < 0$, то вариант отбрасывается.

3. Коэффициент экономической эффективности

$$E = \mathcal{E}_{год} / K.$$

Округлить до 2 знаков после запятой.

4. Годовой экономический эффект по приведенным затратам:

$$\mathcal{E}_{пр,год} = \mathcal{E}_{год} - E_n K,$$

где E_n – нормативный коэффициент экономической эффективности, $E_n = 0,15$.

При решении задачи использовать функции ВПР, ГПР, ПРОСМОТР.

Вариант 2. В таблице 4.14 представлена тарифная сетка. В таблице 4.15 приведен фрагмент технологической последовательности на обработку женского платья.

1. В таблице 4.14 рассчитать стоимость 1 секунды, руб. по каждому разряду.

Стоимость 1 секунды, руб. = Стоимость 1 с. 1 разряда * Тарифный коэффициент.

Таблица 4.14. Тарифная сетка.

Разряд	Тарифный коэффициент	Стоимость 1 секунды, руб.
1	1	
2	1,56	
3	2,03	
4	2,16	

2. Определить расценку на выполнение операции.

Столбец 5 = Столбец 4 * Стоимость 1 секунды, руб. Округлить до 1 знака после запятой.

Для отображения стоимости 1 секунды из таблицы 4.14 использовать функцию ПРОСМОТР или ВПР.

Таблица 4.15. Фрагмент технологической последовательности на обработку женского платья

№ операции	Специальность	Тарифный разряд	Затрата времени	Расценка
1	2	3	4	5
5	М	2	24	
6	М	3	117	
7	У	3	50	
27	П	4	38	
28	У	3	80	
29	М	4	92	
30	Р	2	80	
31	У	3	84	
Итого				

Стоимость 1 секунды 1 разряда – 3 руб.

В строке *Итого* определить средний разряд по группе (округлить до 1 знака после запятой), среднюю и суммарную затрату времени на выполнение всех операций, суммарную расценку.

Вариант 3. В таблице 4.16 приведен список сотрудников планово-экономического отдела предприятия.

В зависимости от стажа работы устанавливается повышающий коэффициент в соответствии с таблицей 4.17. Сотрудникам, имеющим детей, начисляется премия в соответствии с таблицей 4.18.

Минимальная заработная плата – 31000 руб.

1. Найти оклад каждого сотрудника.

Оклад = Минимальная заработная плата * Повышающий коэффициент.

Для отображения повышающего коэффициента использовать функцию ПРОСМОТР или ВПР.

Таблица 4.16. Список сотрудников предприятия

ФИО	Стаж, лет	Семейное положение	Оклад	Количество детей	Премия
Иванов И.И.	5	женат		2	
Петров А.А.	5	холост		1	
Смирнов П.П.	0,5	холост		2	
Сидельцев С.С.	1	женат		3	
Сидяев А.А.	2	женат		3	
Соловьев Е.Л.	4	женат		1	
Сужков Ф.И.	4	женат		-	
Семенов П.Г.	2	холост		-	
Сергеев В.Е.	1	холост		1	
Степанов П.Л.	6	женат		2	
Жуков С.И.	10	женат		1	

Таблица 4.17. Повышающий

Коэффициент	Стаж
1	<1
1,1	1
1,2	2
1,3	3
1,4	4
1,7	5
2	>5

Таблица 4.18. Размер премии

Количество детей	Премия
1	10%
2	20%
3	30%
>3	50%

2. Найти размер премии каждого сотрудника.

$$\text{Премия} = \text{Оклад} * \% \text{ премии.}$$

Для отображения % премии из таблицы 4.18 использовать функцию ВПР или ПРОСМОТР.

Вариант 4. В таблице 4.19 представлен список рабочих бригады раскройного участка подготовительного цеха, в таблице 4.20 – тарифная сетка для расчета тарифной заработной платы по каждому разряду. В соответствии с отработанным временем устанавливается коэффициент трудового участия каждого работника, представленный в таблице 4.21.

Тарифная ставка 1 разряда – 50000 рублей.

1. В таблице 4.20. определить тарифную заработную плату для каждого разряда.

Тарифная заработная плата рабочего i-го разряда = тарифная ставка 1 разряда * тарифный коэффициент.

2. В таблице 4.19 определить расчетную заработную плату каждого рабочего бригады с учетом КТУ.

$$\text{Расчетная заработная плата} = \text{тарифная заработная плата} * \text{КТУ.}$$

Для отображения тарифной заработной платы из таблицы 4.20 и коэффициента трудового участия из таблицы 4.21 использовать функции ПРОСМОТР и ВПР.

Таблица 4.19. Список рабочих бригады

ФИО	Разряд	Отработанное время	КТУ	Расчетная заработная плата
Иванов И.И.	1	250		
Петров А.А.	3	200		
Смирнов П.П.	3	200		
Васильев С.С.	1	120		
Зайцев А.А.	5	320		
Козлов Е.Л.	6	210		
Лужков В.П.	6	190		
Семенов П.Г.	2	220		
Сергеев В.Е.	4	300		

Таблица 4.20. Тарифная сетка

Разряд	Тарифный коэффициент	Тарифная заработная плата, руб.
1	1	
2	1,56	
3	2,03	
4	2,16	
5	2,27	
6	2,5	

Таблица 4.21. Коэффициент трудового участия

Отработанное время	КТУ
100-200	1,2
200-300	1,4
300-400	1,5

Вариант 5. В таблице 4.22 представлено соответствие выпуска по моделям, изготавливаемым в одном швейном потоке.

Соответствие выпуска по моделям, m_i – отношение количества моделей определенного вида к общему выпуску изделий на потоке.

Например, если обрабатывается 3 модели А, Б, В, их выпуск составляет 180 единиц, 90 единиц и 90 единиц соответственно, а общая мощность потока – 360 единиц в смену, то соответствие выпуска по моделям для модели А равно 2, для модели Б – 1, для модели В – 1. Т.е. из 4 единиц 2 изделия относятся к виду А, 1 – к Б, 1 – к В.

Таблица 4.22. Соответствие выпуска по моделям

Модель	Соответствие выпуска по моделям, m_i
Модель А	2
Модель Б	1
Модель В	1

Мощность потока в смену – количество единиц выпускаемой продукции.

Мощность потока в смену, $M = 360$ ед./см.

Время выполнения сменного задания, $R = 28800$ с.

Рассчитать технико-экономические показатели швейного потока с последовательно-ассортиментным запуском, представленные в таблице 4.23.

Таблица 4.23. Расчет потока с последовательно-ассортиментным запуском

Модель	Трудоемкость модели, T_i	Выпуск по моделям в смену, M_i	Общая трудоемкость по выпуску	Удельная трудоемкость, γ_i	Время выполнения сменного задания, R_i	Такт по моделям, t_i	Время выполнения по моделям	Расчетное количество рабочих, N_p
Модель А	5574							
Модель Б	5496							
Модель В	5544							
Итого								

1. Выпуск по моделям в смену M_i

$$M_i = \frac{M}{\sum m_i} \cdot m_i$$

где M – мощность потока в смену; m_i – соответствие выпуска по модели. Для отображения соответствия выпуска по моделям из таблицы 4.22 использовать функцию ПРОСМОТР.

2. Общая трудоемкость по выпуску = $T_i \cdot M_i$

3. Удельная трудоемкость $\gamma_i = \frac{T_i}{\sum T_i}$. Округлить до 3 знаков после запятой.

4. Время выполнения сменного задания $R_i = \gamma_i \cdot R$. Округлить до 1 знака после запятой.

5. Такт потока моделям $t_i = \frac{R_i}{M_i}$. Округлить до 2 знаков после запятой.

6. Время выполнения по моделям $t_i^* = \frac{3600}{t_i}$. Округлить до 1 знака после запятой.

7. Расчетное количество рабочих по моделям $N_p = \frac{T_i}{t_i^*}$. Округлить до 1 знака после запятой.

В строке «Итого» вычислить сумму для столбцов 3-6, 9.

Вариант 6. В таблице 4.24 представлена тарифная сетка для определения тарифной ставки рабочих 3-5 разрядов. В таблице 4.25 представлен коэффициент трудового участия рабочего в зависимости от отработанного времени.

В таблице 4.26. рассчитать заработную плату рабочих бригады ткацкого цеха.

Таблица 4.24. Тарифная ставка

Разряд рабочего бригады	Тарифная ставка Z_r , тыс. руб./час
5	2,3
4	1,3
3	0,5

Таблица 4.25. Коэффициент трудового участия

КТУ	Количество часов, отработанных в расчетном периоде, $T_{рп}$, ч.
1,3	120-165
1,2	165-170
1	170 и более

Таблица 4.26. Расчет заработной платы рабочих бригады

Разряд рабочего бригады	Сдельный тарифный заработок за предшествующий период, $Z_{ар}$, тыс. руб.	КТУ	Количество часов, отработанных в расчетном периоде, $T_{рп}$, ч	Сдельный заработок за предшествующий период Z_i пр., руб.	Тарифный заработок каждого члена бригады $Z_{тi}$, руб	Сдельный заработок члена бригады в расчетный период, Z_{ip}
5	1340		167			
4	1218		160			
3	1150		175			
3	920		-			
Итого	Σ			Σ	Σ	

Количество изделий, изготовленных за предшествующий период, M_n – 160 шт.

Фактическое кол-во изделий, изготовленных в расчетный период, $M_{ф}$ – 165 шт.

Время изготовления изделия, T – 1,1 часа.

Рассчитать следующие показатели, представленные в таблице 4.26:

1. Бригадная расценка

$$Z_{р.бр.} = T * \sum_{i=1}^n Z_{ri},$$

где T – время изготовления изделия; Z_{ri} – тарифная ставка рабочего i -го разряда; n – количество рабочих в бригаде.

2. Бригадный заработок за предшествующий расчетный период

$$Z_{бр.пр.} = Z_{р.бр.} * M_n.$$

3. Сдельный заработок члена бригады за предшествующий период

$$Z_i = Z_{тар} * Z_{бр.пр.} / \sum Z_{тар.р.}$$

4. Сдельный заработок бригады в расчетном периоде

$$Z_{бр.р.} = Z_{р.бр.} * M_{ф}.$$

5. Тарифный заработок каждого члена бригады

$$Z_{тi} = Z_r * T_{р.п.}$$

Для отображения тарифной ставки Z_i использовать функцию ПРОСМОТР или ВПР.

6. Суммарный тарифный заработок бригады = $\sum Z_{mi}$.

7. Сдельный приработок бригады $\Delta Z_{бр} = Z_{бр.р.} - \text{суммарный тарифный заработок бригады}$.

8. Сдельный заработок члена бригады

$$Z_{ip} = Z_{pi} + \Delta Z_{бр} * КТУ / \sum (Z_{mi} * КТУ).$$

Для отображения КТУ использовать функцию ВПР или ПРОСМОТР. Преобразовать таблицу 4.25 в соответствии с требованиями к этим функциям.

Вариант 7. В таблице 4.27 представлен фрагмент технологической последовательности на обработку женского платья.

Таблица 4.27. Фрагмент технологической последовательности на обработку женского платья

№ неделимой операции	Специальность	Тарифный разряд	Затрата времени, T_i
5	М	2	24
6	М	3	117
7	У	3	50
28	У	3	80
29	М	3	92
30	Р	2	80
31	У	3	84

Таблица 4.28. Тарифная сетка

Разряд	Тарифный коэффициент	Стоимость 1 секунды, руб.
1	1	
2	1,56	
3	2,03	

Стоимость 1 секунды 1 разряда – 3 руб.

Такт потока – 75 с.

В таблице 4.29. представлен фрагмент технологической схемы на обработку женского платья.

1. В таблице 4.28 найти стоимость 1 секунды для каждого разряда по формуле

Стоимость 1 секунды i -го разряда = стоимость 1 с. 1 разряда * тарифный коэффициент.

2. Заполнить столбцы 3, 4, 7 таблицы 4.29 с помощью функций ПРОСМОТР или ВПР, используя данные таблиц 4.27 и 4.28.

3. Рассчитать время на организационную операцию (№№ 16,17,18,19), суммируя соответствующее время по неделимым операциям.

4. Рассчитать количество рабочих по неделимым операциям (5-7, 28-31):
 N_p = время на неделимую операцию/такт потока.

Таблица 4.29. Технологическая схема на обработку женского платья

№ организационной операции	№ неделимой операции	Специальность	Тарифный разряд	Количество рабочих		Затрата времени, T_i	Расценка
				Расчетное, N_p	Фактическое, N_ϕ		
1	2	3	4	5	6	7	8
	5						
	6						
16		М					
	7						
	28						
	30						
17		У					
	29						
18		М					
	31						
19		У					
Итого							

5. Рассчитать количество рабочих по организационным операциям (№№ 16, 17, 18, 19)

$$N_{p.o.} = \sum N_p$$

6. Рассчитать фактическое количество рабочих округлением расчетного до целого.

7. Рассчитать средний тарифный разряд по каждой организационной операции и по группе в целом.

8. Рассчитать расценку по каждой неделимой операции.

Расценка = стоимость 1 секунды * затрата времени.

Для отображения стоимости 1 секунды из таблицы 4.28 использовать функцию ВПР или ПРОСМОТР.

9. Рассчитать расценку по каждой организационной операции, суммируя расценки по неделимым операциям.

10. В строке «Итого» найти общее количество рабочих расчетное и фактическое, суммарные затраты времени на выполнение всех операций, суммарную расценку.

Вариант 8. В таблице 4.30. приведены данные о работниках конструкторского участка экспериментального цеха швейного предприятия.

Рассчитать размер премии каждого сотрудника с учетом качества выполненных работ и представить его в виде таблицы 4.31.

Премия – 3000 тыс. руб.

Плановый срок выполнения работ – 15 месяцев

Количество позиций разработки - 400

Таблица 4.30. Штаты

Должность	Оклад, тыс. руб.	Количество забракованных позиций	Коэффициент исполнительской дисциплины, $K_{\text{и}}$	Фактический срок выполнения работ, мес.
Конструктор I категории	430	0	1	12
Конструктор II категории	380	40	1	12
Инженер	350	0	1,2	12
Старший техник	250	0	1	7,5

Таблица 4.3. Сотрудники

Должность	Коэффициент, характеризующий соотношение фактического и планового числа работ, сданных с 1 предъявления, $K_{\text{к}}$	Коэффициент, характеризующий соответствие фактических сроков выполнения работ плановым исполнителем, $K_{\text{с}}$	Обобщающий коэффициент, $K_{\text{о}}$	Плановый фонд заработной платы, $L_{\text{ос.к.}}$	Размер премии, $L_{\text{п}}$
Конструктор I категории					
Конструктор II категории					
Инженер					
Старший техник					
Итого					

1. Рассчитать коэффициент, характеризующий соотношение фактического и планового числа работ, сданных с 1 предъявления

$K_{\text{к}} = (\text{кол-во позиций разработки} - \text{кол-во забракованных позиций}) / \text{кол-во позиций разработки}$.

Для отображения количества забракованных позиций по каждому исполнителю использовать функцию ПРОСМОТР или ВПР.

2. Рассчитать коэффициент, характеризующий соответствие фактических сроков выполнения работ плановым исполнителем

$K_{\text{с}} = \text{плановый срок выполнения работ} / \text{фактический срок выполнения работ}$.

3. Рассчитать обобщающий коэффициент $K_{\text{о}} = K_{\text{и}} * K_{\text{к}} * K_{\text{с}}$.

Для отображения фактических сроков выполнения работ каждым исполнителем и коэффициента исполнительской дисциплины использовать функции ВПР или ПРОСМОТР.

4. Найти плановый фонд заработной платы

$$L_{\text{ос.к}} = \text{оклад} * \text{плановый срок выполнения работ} * K_o.$$

Для отображения оклада использовать функции ПРОСМОТР или ВПР.

5. Вычислить плановый фонд заработной платы группы

$$L_{\text{ос.гр.}} = \sum L_{\text{ос.к.}}$$

6. Найти размер премии каждого исполнителя

$$L_{\text{п}} = \text{премия} / L_{\text{ос.гр.}} * L_{\text{ос.к.}}$$

Вариант 9. Имеются два проекта реструктуризации текстильного предприятия. В таблице 4.32 приведены характеристики каждого проекта.

Нормативный коэффициент экономической эффективности, $E_n = 0,1$

Коэффициент реновации, $K_p = 0,0175$

Таблица 4.32. Характеристики проектов реструктуризации текстильного предприятия

Основной показатель	Проект №1	Проект №2
Проектная мощность В, кг	5000	6000
Средняя цена 1 т. пряжи Ц, тыс. руб.	45	45
Единовременные капитальные затраты по строительству фабрики К, тыс. руб	4020	5025
Срок службы основных производственных фондов Т, лет	20	20
Ликвидационное сальдо основных фондов в конце срока службы Л, тыс. руб	164	282
Текущие издержки, в том числе: условно-постоянные затраты, не зависящие от объема выпуска пряжи C_o , тыс.руб/сут	2,2	2,8
условно-переменные затраты $C_{\text{п}}$, тыс.руб/сут	1	0,85

Разместить таблицу 4.32 на листе 1.

Рассчитать критерии оценки эффективности каждого проекта, представленные в таблице 4.33. Сделать вывод, какой из проектов наиболее эффективен к внедрению. Таблицу 4.33 разместить на листе 2.

Для отображения данных из таблицы 4.32 использовать функцию ГПР или ПРОСМОТР. При решении задачи использовать именованные ячейки, блоки или диапазоны.

Показатели экономической эффективности:

$$1. \text{Капитальные затраты в год} = K_p * (K - Л) + E_n * K.$$

2. Капитальные затраты в сутки=Капитальные затраты в год /365. Округлить до 2 знаков после запятой.

Таблица 4.33. Критерии оценки эффективности реструктуризации

Показатель	Проект №1	Проект №2
Капитальные затраты, $K_{\text{доп}}$, тыс. руб.:		
в год		
в сутки		
Общая величина условно-постоянных затрат в сутки, Z_0		
Стоимостная оценка результатов P_r		
Затраты по их достижению Z_r		
Превышение результатов над затратами		
Суточный экономический эффект, $\mathcal{E}_{\text{сут}}$		
Полный экономический эффект, $\mathcal{E}_T$		
Вывод		

3. Общая величина условно-постоянных затрат в сутки

$Z_0 = C_0 + \text{капитальные затраты в сутки.}$

4. Стоимостная оценка результатов

$P_r = B \cdot \Pi.$

5. Затраты по их достижению

$Z_r = Z_0 + C_n \cdot B$ (округлить до целого).

6. Превышение результатов над затратами = $P_r - Z_r.$

7. Суточный экономический эффект по проекту №1

$\mathcal{E}_{\text{сут}} = (2 - C_n) \cdot 4 - Z_0.$

8. Суточный экономический эффект №2

$\mathcal{E}_{\text{сут}} = (2 - C_n) \cdot 5 - Z_0.$

9. Полный экономический эффект

$\mathcal{E}_T = \mathcal{E}_{\text{сут}} \cdot 365 / (K_p + E_n).$

10. В строке «Вывод», используя функцию ЕСЛИ категории «Логические функции», сделать вывод о наиболее эффективном варианте строительства, сравнивая экономические эффекты: если полный экономический эффект проекта №1 больше соответствующего эффекта проекта №2, то наиболее эффективен проект №1, если наоборот – то проект №2, в противном случае оба проекта одинаково эффективны.

Вариант 10. В таблице 4.34 представлено фактическое количество рабочих швейного потока при заданном отклонении от такта потока.

Определить технико-экономические показатели швейного потока, представленные в таблице 4.35.

Такт потока, $t = 75$ с.

Трудоемкость изготовления изделия, $T = 5574$ с.

Время смены, $R - 28800$ с.

Таблица 4.34. Принятое количество рабочих при заданном отклонении от такта потока

Отклонение от такта потока, %	Фактическое количество рабочих, N_{ϕ}
80	93
90	83
100	74
105	71
110	67

Таблица 4.35

Отклонение от такта потока, %	Расчетный такт потока, t_i , с	Мощность потока в смену, M_i , ед.	Количество рабочих расчетное, N_p , чел.	Коэффициент использования рабочего времени, $K_{исп.}$	Производительность труда на 1 рабочего, ед.
80					
90					
100					
105					
110					

1. Определить расчетный такт потока

$t_i = \% \text{ отклонения от такта потока} \cdot t / 100$. Округлить до 1 знака после запятой.

2. Рассчитать мощность потока в смену

$M = R / t_i$. Округлить до целого.

3. Определить расчетное количество рабочих

$N_p = T / t_i$. Округлить до 1 знака после запятой.

4. Определить коэффициент использования рабочего времени

$K_{исп.} = N_p / N_{\phi}$. Округлить до 2 знаков после запятой.

5. Рассчитать производительность труда на 1 рабочего

$P_{Ti} = M_i / N_{\phi}$. Округлить до 2 знаков после запятой.

Для отображения фактического количества рабочих по каждому отклонению от такта потока использовать функции ВПР или ПРОСМОТР.

ГЛАВА 5. СТАТИСТИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ EXCEL

Использование статистических функций дает возможность изучения случайных величин и их характеристик средствами Excel. Основу составляет исследование совокупностей и выборки случайных величин.

Случайной величиной называется величина, принимающая в результате испытания числовое значение, которое принципиально нельзя предсказать, исходя из условий испытания. Для того, чтобы полностью охарактеризовать случайную величину, необходимо указать, какие значения она может принимать, и с какой вероятностью она принимает эти значения, т.е. задать распределение случайной величины.

При исследовании свойств текстильных волокон в отдельных пробах смесей, продуктов текстильного производства в их отдельных сечениях, характеристики партий готовых изделий легкой промышленности и т.п. получают совокупности случайных величин. Для их исследования используется аппарат теории случайных величин.

Пусть имеется некоторая большая совокупность объектов, называемая *генеральной совокупностью*. N объектов, выбранные произвольным образом, называются *выборочной совокупностью* или *выборкой*. Число n называется *объемом выборки*. Эти n объектов подвергаются детальному исследованию, по результатам которого требуется описать всю генеральную совокупность или какие-нибудь ее отдельные свойства или характеристики. Такой метод исследования называется *выборочным* и используется при анализе экономических явлений, контроле за протеканием технологических процессов производства.

Переменная, представленная в статистической форме (в виде совокупности случайных величин) может быть описана определенными числовыми характеристиками. Основными числовыми характеристиками совокупности случайных величин являются:

- число элементов совокупности (описывается функциями СЧЕТ, СЧЕТЗ, СЧЕТЕСЛИ);
- среднее (рассчитывается с помощью функций СРЗНАЧ, СРЗНАЧА, СРГЕОМ);
- медиана (представлена функцией МЕДИАНА);
- мода (представлена функцией МОДА);
- дисперсия (рассчитывается с помощью функций ДИСП, ДИСПА, ДИСПР, ДИСПРА, КВАДРОТКЛ);
- среднее квадратичное отклонение и коэффициент вариации (рассчитываются с помощью функции КВАДРОТКЛ);
- минимум совокупности (описывается функциями МИН, МИНА);
- максимум совокупности (описывается функциями МАКС, МАКСА);
- асимметрия (скошенность – определяется при помощи функции СКОС);
- эксцесс (вычисляется с помощью функции ЭКСЦЕСС).

5.1. Определение числа элементов совокупности

Для вычисления числа элементов совокупности табличный процессор MS Excel предлагает функцию СЧЕТ, которая подсчитывает количество чисел в списке аргументов.

Формат

СЧЕТ(значение1; значение2; ...)

Значение1, значение2, ... – это от 1 до 30 аргументов, которые могут содержать или ссылаться на данные различных типов, но в подсчете участвуют только числа.

Функция СЧЕТЕСЛИ подсчитывает количество ячеек внутри диапазона, удовлетворяющих заданному критерию. Это позволяет исключить из дальнейшей обработки величины, полученные при условиях, существенно отличающихся от стандартных или установленных по плану эксперимента.

Формат

СЧЕТЕСЛИ(диапазон; критерий)

Диапазон – это диапазон, в котором нужно подсчитать ячейки.

Критерий – это критерий в форме числа, выражения, текста или ссылки на ячейку, который определяет, какие ячейки надо подсчитывать.

Если критерий выражен в виде числа или ссылки на ячейку, которая содержит число, то он записывается без кавычек, например, 41, D16.

Если в критерии используются текстовые данные, то они заключаются в кавычки, например, "41", ">41", "лавсан".

Если в критерии используется формула или ссылка на ячейку, содержащую формулу, то для его указания необходимо использовать функцию СЦЕПИТЬ³ из категории «текстовые функции», например, СЦЕПИТЬ(">";СРЗНАЧ(B2:B8)).

Функция СЧЕТЗ подсчитывает количество непустых значений в интервале или массиве.

Формат

СЧЕТЗ(значение1; значение2; ...)

Значение1, значение2, ... – это от 1 до 30 аргументов, количество которых требуется сосчитать. В данном случае значением считается значение любого типа, включая пустую строку (""), но не включая пустые ячейки. Если аргументом является массив или ссылка, то пустые ячейки в массиве или ссылке игнорируются.

³ Функция СЦЕПИТЬ объединяет несколько текстовых строк в одну. **Формат:** СЦЕПИТЬ(текст1; текст2, ..., текст N).

Пример 5.1

Электризуемость характеризует способность материалов к генерации и накоплению зарядов статического электричества. Знак и величина заряда зависят от структуры волокна, его отделки и условий переработки. В таблице 5.1 приведены результаты исследований по определению знака электростатического заряда на волокнах.

Таблица 5.1. Результаты исследований по определению знака электростатического заряда на волокнах

Волокно	Сталь поли- рованная	Сталь хромиро- ванная	Латунь	Медь	Алюминий	Стекло	Фарфор	Смола капролактам	Поливинил- хлорид	Полноразное дерево	Кожа рук	Резина	Фторопласт
Хлориновое	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
Лансановое	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	-	-	+
Нитроновое	+	-	+	+	-	-	-	-	+	+	-	+	+
Лен	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	-	+	+
Натуральный шелк	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	-	+	+
Хлопковое	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	-	+	+
Вискозное	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+
Капроновое	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+
Шерсть	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+
Энант	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	-	+	+
Амидное	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+

Для каждого вида волокна найти количество материалов, генерирующих на своей поверхности положительный заряд, выразив его в % к общему числу материалов.

Найти количество материалов, генерирующих на своей поверхности от 50 до 80% всех положительных зарядов.

Решение

Разместим исходные данные в ячейках A1:N12. Для того, чтобы найти требуемое значение, найдем количество материалов, при трении о поверхность которых волокно электризуется положительно и разделим его на общее количество испытываемых материалов.

В ячейку O2 введем формулу

=СЧЁТЕСЛИ(\$B2:\$N2;"+") / СЧЁТЗ(B2:N2)*100.

Здесь СЧЁТЕСЛИ(\$B2:\$N2;"+") обеспечит подсчет количества положительных зарядов, возникающих на поверхности i-того материала.

Функция СЧЁТЗ(B2:N2) позволит определить общее количество испытываемых материалов. Скопируем ее в ячейки O3:O12.

Для определения количества материалов, генерирующих на своей поверхности от 50 до 80% всех положительных зарядов, в ячейку B14 введем формулу

=СЧЁТЕСЛИ(O2:O12;"<=80")-СЧЁТЕСЛИ(O2:O12;"<50").

В результате вычисления по указанной формуле получаем, что 9 материалов генерируют на своей поверхности от 50 до 80% всех положительных зарядов. Результаты расчетов представлены на рис. 5.1 – 5.3.

Водяное	Сталь-поли-разница	Сталь-хром-разница	Латунь	Медь	Алюминий	Стекло	Фарфор	Слюда-картонный
Классическое	-	-	-	-	-	-	-	-
Лазерное	+	+	-	-	+	-	-	-
Импульсное	+	-	+	+	-	-	-	-
Лазер	+	+	+	+	-	-	-	-
Натуральный-мал	+	+	+	+	+	-	-	-
Классическое	+	+	+	+	-	-	-	-
Высокое	+	+	+	+	-	-	-	+
Импульсное	+	+	+	+	-	-	-	-
Шерсть	+	+	+	+	-	-	-	-
Бамбук	+	+	+	+	-	-	-	-
Асбест	+	+	+	+	-	-	-	-
Количество материалов, генерирующих на своей поверхности от 50 до 80% всех положительных зарядов	9							

Рис. 5.1. Результаты расчетов

Полиамин-хлорид	Полипропилен-серебро	Кож. ртуть	Вискоза	Этрон-плот	% материалов, генерирующих положительные заряды
-	+	-	-	+	7,00
-	+	-	-	+	63,06
+	+	-	+	+	63,06
-	+	-	-	+	60,23
+	+	-	+	+	60,23
+	+	-	+	+	60,23
+	+	-	+	+	78,02
+	+	+	+	+	78,02
+	+	+	+	+	78,02
+	+	-	+	+	78,02
+	+	+	+	+	82,91

Рис. 5.2. Продолжение результатов расчетов

Microsoft Excel - formulas			
Кожа рук	Разный	Фторопласт	% материалов, генерирующих положительный заряд
-	-	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф82:Ф82;Ф82;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф82:Ф82;Ф82;"100"
-	-	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф83:Ф83;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф83:Ф83;"100"
-	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф84:Ф84;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф84:Ф84;"100"
-	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф85:Ф85;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф85:Ф85;"100"
-	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф86:Ф86;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф86:Ф86;"100"
-	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф87:Ф87;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф87:Ф87;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф88:Ф88;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф88:Ф88;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф89:Ф89;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф89:Ф89;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф90:Ф90;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф90:Ф90;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф91:Ф91;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф91:Ф91;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф92:Ф92;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф92:Ф92;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф93:Ф93;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф93:Ф93;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф94:Ф94;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф94:Ф94;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф95:Ф95;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф95:Ф95;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф96:Ф96;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф96:Ф96;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф97:Ф97;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф97:Ф97;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф98:Ф98;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф98:Ф98;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф99:Ф99;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф99:Ф99;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф100:Ф100;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф100:Ф100;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф101:Ф101;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф101:Ф101;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф102:Ф102;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф102:Ф102;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф103:Ф103;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф103:Ф103;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф104:Ф104;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф104:Ф104;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф105:Ф105;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф105:Ф105;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф106:Ф106;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф106:Ф106;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф107:Ф107;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф107:Ф107;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф108:Ф108;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф108:Ф108;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф109:Ф109;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф109:Ф109;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф110:Ф110;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф110:Ф110;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф111:Ф111;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф111:Ф111;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф112:Ф112;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф112:Ф112;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф113:Ф113;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф113:Ф113;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф114:Ф114;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф114:Ф114;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф115:Ф115;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф115:Ф115;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф116:Ф116;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф116:Ф116;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф117:Ф117;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф117:Ф117;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф118:Ф118;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф118:Ф118;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф119:Ф119;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф119:Ф119;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф120:Ф120;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф120:Ф120;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф121:Ф121;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф121:Ф121;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф122:Ф122;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф122:Ф122;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф123:Ф123;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф123:Ф123;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф124:Ф124;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф124:Ф124;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф125:Ф125;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф125:Ф125;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф126:Ф126;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф126:Ф126;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф127:Ф127;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф127:Ф127;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф128:Ф128;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф128:Ф128;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф129:Ф129;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф129:Ф129;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф130:Ф130;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф130:Ф130;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф131:Ф131;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф131:Ф131;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф132:Ф132;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф132:Ф132;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф133:Ф133;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф133:Ф133;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф134:Ф134;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф134:Ф134;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф135:Ф135;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф135:Ф135;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф136:Ф136;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф136:Ф136;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф137:Ф137;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф137:Ф137;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф138:Ф138;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф138:Ф138;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф139:Ф139;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф139:Ф139;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф140:Ф140;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф140:Ф140;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф141:Ф141;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф141:Ф141;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф142:Ф142;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф142:Ф142;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф143:Ф143;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф143:Ф143;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф144:Ф144;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф144:Ф144;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф145:Ф145;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф145:Ф145;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф146:Ф146;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф146:Ф146;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф147:Ф147;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф147:Ф147;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф148:Ф148;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф148:Ф148;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф149:Ф149;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф149:Ф149;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф150:Ф150;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф150:Ф150;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф151:Ф151;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф151:Ф151;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф152:Ф152;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф152:Ф152;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф153:Ф153;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф153:Ф153;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф154:Ф154;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф154:Ф154;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф155:Ф155;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф155:Ф155;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф156:Ф156;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф156:Ф156;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф157:Ф157;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф157:Ф157;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф158:Ф158;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф158:Ф158;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф159:Ф159;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф159:Ф159;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф160:Ф160;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф160:Ф160;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф161:Ф161;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф161:Ф161;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф162:Ф162;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф162:Ф162;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф163:Ф163;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф163:Ф163;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф164:Ф164;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф164:Ф164;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф165:Ф165;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф165:Ф165;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф166:Ф166;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф166:Ф166;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф167:Ф167;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф167:Ф167;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф168:Ф168;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф168:Ф168;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф169:Ф169;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф169:Ф169;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф170:Ф170;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф170:Ф170;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф171:Ф171;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф171:Ф171;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф172:Ф172;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф172:Ф172;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф173:Ф173;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф173:Ф173;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф174:Ф174;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф174:Ф174;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф175:Ф175;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф175:Ф175;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф176:Ф176;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф176:Ф176;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф177:Ф177;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф177:Ф177;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф178:Ф178;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф178:Ф178;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф179:Ф179;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф179:Ф179;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф180:Ф180;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф180:Ф180;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф181:Ф181;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф181:Ф181;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф182:Ф182;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф182:Ф182;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф183:Ф183;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф183:Ф183;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф184:Ф184;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф184:Ф184;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф185:Ф185;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф185:Ф185;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф186:Ф186;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф186:Ф186;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф187:Ф187;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф187:Ф187;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф188:Ф188;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф188:Ф188;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф189:Ф189;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф189:Ф189;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф190:Ф190;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф190:Ф190;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф191:Ф191;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф191:Ф191;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф192:Ф192;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф192:Ф192;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф193:Ф193;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф193:Ф193;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф194:Ф194;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф194:Ф194;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф195:Ф195;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф195:Ф195;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф196:Ф196;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф196:Ф196;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф197:Ф197;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф197:Ф197;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф198:Ф198;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф198:Ф198;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф199:Ф199;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф199:Ф199;"100"
+	+	+	=СЧЕТЕСЛИ(Ф200:Ф200;"<СЧЕТЕСЛИ(Ф200:Ф200;"100"

Рис. 5.3. Расчет в режиме формул

5.2. Вычисление средних значений случайной величины

Среднее значение определяет центр распределения случайных величин, около которых группируется большая их часть. Он характеризуется средним арифметическим, медианой, модой и средним геометрическим.

Пусть существует случайная величина $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ с вероятностью $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$.

Математическим ожиданием этой величины называется число M , вычисляемое по формуле

$$M = p_1 x_1 + p_2 x_2 + \dots + p_n x_n. \quad (5.1)$$

Эта характеристика является истинным средним значением случайной величины и приближенно равна среднему арифметическому всех результатов, полученных при большом числе испытаний над этой величиной.

В практике обработки результатов эксперимента при исследовании свойств продуктов или параметров технологических процессов текстильной промышленности чаще всего используется среднее арифметическое, вычисляемое по формуле

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i, \quad (5.2)$$

где X_i – значение случайной величины;

n – количество испытаний.

Для его расчета в табличном процессоре MS Excel существует функция

СРЗНАЧ.

Формат

СРЗНАЧ(число1; число2; ...)

Число1, число2, ... – это от 1 до 30 аргументов, для которых вычисляется среднее. Аргументы могут быть числами, именами, массивами или ссылками, содержащими числа.

Если аргумент является массивом или ссылкой и содержит тексты, логические значения или пустые ячейки, то такие значения игнорируются; однако, ячейки, которые содержат нулевые значения, учитываются.

Функция СРЗНАЧА в отличие от функции СРЗНАЧ вычисляет среднее арифметическое значений аргументов, которые, помимо чисел, могут быть текстом или логическими значениями, такими как ИСТИНА и ЛОЖЬ.

Формат

СРЗНАЧА (значение1, значение2, ...)

Значение1, значение2, ... – это от 1 до 30 ячеек, интервалов ячеек или значений, для которых вычисляется среднее арифметическое.

Массивы и ссылки, содержащие текст, а также пустой текст (""), интерпретируются как 0 (ноль). Аргументы, содержащие значение ИСТИНА, интерпретируются как 1, аргументы, содержащие значение ЛОЖЬ, интерпретируются как 0 (ноль).

Пример 5.2

В таблице 5.2 представлены сведения о бригаде рабочих подготовительного цеха из 4 человек.

Найти средний тарифный заработок по бригаде и среднее количество часов, отработанных каждым членом бригады.

Найти количество рабочих, имеющих сдельный тарифный заработок выше среднего по бригаде.

Таблица 5.2. Сведения о рабочих бригады

Разряд рабочего бригады	Сдельный тарифный заработок, $L_{\text{тар}}$, тыс. руб.	Количество часов, отработанных в расчетном периоде, $T_{\text{рп}}$, ч
5	428	165
4	356	160
3	280	170
3	250	-
Среднее		

Решение

Разместим в ячейках A2:C7 исходные данные так, как показано на рис. 5.4. В ячейку B7 введем формулу, обеспечивающую вычисление среднего значения сдельного тарифного заработка

=СРЗНАЧ(B3:B6).

Так как столбец Количество часов, отработанных в расчетном периоде содержит текстовое значение «-», то для вычисления среднего значения воспользуемся функцией СРЗНАЧА. Поэтому в ячейку C7 введем формулу

=СРЗНАЧА (С3:С6) .

Здесь СРЗНАЧА (С3:С6) соответствует СУММ (С3:С6) / СЧЕТЗ (С3:С6) .

Для определения количества рабочих, имеющих сдельный тарифный заработок выше среднего по бригаде, в ячейку В9 введем формулу

=СЧЕТЕСЛИ (В3:В6; СЦЕПИТЬ (">" ; СРЗНАЧ (В3:В6))) .

Здесь функция СРЗНАЧ (В3:В6) рассчитает среднее значение сдельного тарифного заработка.

Функция СЦЕПИТЬ (">" ; СРЗНАЧ (В3:В6)) позволит определить критерий отбора для функции, т.е. соединит знак ">" со средним значением сдельного тарифного заработка, рассчитанным по формуле СРЗНАЧ (В3:В6) .

Можно воспользоваться другим вариантом формулы

=СЧЕТЕСЛИ (В3:В6; СЦЕПИТЬ (">" ; В7))) .

Здесь В7 – ссылка на ячейку, в которой находится среднее значение сдельного тарифного заработка. Результаты расчета представлены на рис. 5.4.

Сведения о рабочих бригады		
Разряд рабочего бригады	Сдельный тарифный заработок, Лтр, тыс. руб.	Количество часов, отработанных в расчетном периоде, Трл, ч
6	428	165
4	356	180
3	280	170
3	250	-
Среднее	328,5	123,75
количество рабочих, имеющих сдельный тарифный заработок выше среднего по бригаде	2	

Рис. 5.4. Результаты расчетов

Сведения о рабочих бригады		
Разряд рабочего бригады	Сдельный тарифный заработок, Лтр, тыс. руб.	Количество часов, отработанных в расчетном периоде, Трл, ч
6	428	165
4	356	180
3	280	170
3	250	-
Среднее	=СРЗНАЧ(В3:В6)	=СРЗНАЧ(С3:С6)
количество рабочих, имеющих сдельный тарифный заработок выше среднего по бригаде	=СЧЕТЕСЛИ(В3:В6;СЦЕПИТЬ(">";СРЗНАЧ(В3:В6)))	

Рис. 5.5. Результаты расчетов в режиме формул

Функция МЕДИАНА возвращает медиану заданных чисел, т.е. число, которое является серединой множества чисел. Иначе половина чисел имеют значения большие, чем медиана, а половина чисел имеют значения меньшие, чем медиана. Значение медианы может не совпадать со средним арифметическим значением совокупности случайных величин (математическим ожиданием).

Формат

МЕДИАНА(число1;число2; ...)

Число1, число2, ... – это от 1 до 30 чисел, для которых определяется медиана.

Аргументы должны быть числами или именами, массивами или ссылками, содержащими числа. Если аргумент, который является массивом или ссылкой, содержит тексты, логические значения или пустые ячейки, то такие значения игнорируются; однако ячейки, которые содержат нулевые значения, учитываются. Если в множестве четное количество чисел, то МЕДИАНА вычисляет среднее арифметическое двух чисел, находящихся в середине множества.

Мода – это элемент с наибольшим числом повторений в выборке. Она является мерой взаиморасположения значений случайной величины. Функция МОДА возвращает наиболее часто встречающееся или повторяющееся значение в массиве или интервале данных.

Формат

МОДА(число1;число2; ...)

Число1, число2, ... – это от 1 до 30 аргументов, для которых вычисляется мода. Аргументы должны быть числами, именами, массивами или ссылками, которые содержат числа. Если аргумент, который является массивом или ссылкой, содержит тексты, логические значения или пустые ячейки, то такие значения игнорируются; однако ячейки, которые содержат нулевые значения, учитываются. Если исходное множество не содержит одинаковых данных, то функция МОДА возвращает значение ошибки #Н/Д.

Функция СРГЕОМ возвращает среднее геометрическое значений массива или интервала положительных чисел.

Формат

СРГЕОМ(число1;число2; ...)

Число1, число2, ... – это от 1 до 30 аргументов, для которых вычисляется среднее геометрическое. Аргументы должны быть числами или именами, массивами или ссылками, содержащими числа. Можно использовать массив или ссылку на массив вместо аргументов, разделяемых точкой с запятой.

Если аргумент, который является массивом или ссылкой, содержит тексты, логические значения или пустые ячейки, то такие значения игнорируются; однако ячейки, которые содержат нулевые значения, учитываются.

Если какой-либо из аргументов меньше или равен нулю, то функция СРГЕОМ возвращает значение ошибки #ЧИСЛО!.

Среднее геометрическое рассчитывается по формуле

$$\bar{y} = \sqrt[n]{y_1 \cdot y_2 \cdot \dots \cdot y_n}, \quad (5.3)$$

где $y_1, y_2, \dots, y_n$ – значения аргументов;

n – количество аргументов.

Пример 5.3

В таблице 5.3 приводится матрица парных сравнений для выбора поставщика [7]. Найти собственный вектор по каждому критерию оценки.

Таблица 5.3. Матрица парных сравнений для выбора поставщика

Критерии оценки поставщиков	Стоимость	Качество	Гарантии качества	Надежность	Форма расчетов	Время поставки
Стоимость	1	1	1	4	1	0,5
Качество	1	1	2	4	1	0,5
Гарантии качества	1	0,5	1	5	3	0,5
Надежность	0,25	0,25	0,2	1	0,333	0,333
Форма расчетов	1	1	0,333	3	1	1
Время поставки	2	2	2	3	1	1

Компоненты собственного вектора определяются по формулам

$$a_1 = \sqrt[n]{w_{11} \cdot w_{12} \cdot \dots \cdot w_{1n}};$$

$$a_n = \sqrt[n]{w_{n1} \cdot w_{n2} \cdot \dots \cdot w_{nn}}; \quad (5.4)$$

Решение

На листе MS Excel создаем таблицу, в которой размещаем исходные данные (ячейки A1 : G7).

В ячейку H2 вводим формулу =СРГЕОМ(B2:G2). Копируем ее в ячейки H3:H7. Результаты решения приведены на рис. 5.6 и 5.7.

Критерии оценки поставщиков	Стоимость	Качество	Гарантии качества	Надежность	Форма расчетов	Время поставки	Собственный вектор
Стоимость	1	1	1	4	1	0,5	1,12246
Качество	1	1	2	4	1	0,5	1,26992
Гарантии качества	1	0,5	1	5	3	0,5	1,24044
Надежность	0,25	0,25	0,2	1	0,333	0,333	0,33301
Форма расчетов	1	1	0,333	3	1	1	0,99983
Время поставки	2	2	2	3	1	1	1,69938

Рис. 5.6. Результаты вычисления собственного вектора

Критерии оценки поставщика	Стоимость	Качество	Гарантия качества	Надежность	Форма расчетов	Время поставки	Собственный вектор
=ТРАНСП(B1:B1)	1	1	1	4	1	0,5	=СРГЕОМ(B2:B2)
=ТРАНСП(B1:B1)	1	1	2	4	1	0,5	=СРГЕОМ(B3:B3)
=ТРАНСП(B1:B1)	1	0,5	1	5	3	0,5	=СРГЕОМ(B4:B4)
=ТРАНСП(B1:B1)	0,25	0,25	0,2	1	0,333	0,333	=СРГЕОМ(B5:B5)
=ТРАНСП(B1:B1)	1	1	0,333	3	1	1	=СРГЕОМ(B6:B6)
=ТРАНСП(B1:B1)	2	2	2	3	1	1	=СРГЕОМ(B7:B7)

Рис. 5.7. Расчет собственного вектора в режиме формул

Функция ТРАНСП из категории «ссылки и массивы» используется для представления данных из ячеек B1:G1 в виде вектора-столбца. Подробнее работа этой функции рассмотрена в теме «работа с векторами и матрицами».

Таким образом, собственный вектор

$A = \{1,12246; 1,25992; 1,24644; 0,33391; 0,99983; 1,69838\}$.

5.3. Вычисление дисперсии случайной величины

Дисперсией случайной величины называется математическое ожидание квадрата отклонения этой величины от ее математического ожидания.

Дисперсия является абсолютной характеристикой рассеяния случайной величины X около центра распределения $\bar{X}$. Для вычисления дисперсии по выборке из генеральной совокупности в табличном процессоре MS Excel существует функция ДИСП.

Формат

ДИСП(число1;число2; ...)

Число1, число2, ... – это от 1 до 30 числовых аргументов, соответствующих выборке из генеральной совокупности, причем логические значения, такие как ИСТИНА или ЛОЖЬ, а также текст игнорируются.

Если логические и текстовые значения не должны игнорироваться, для вычисления дисперсии по выборке используется функция ДИСПА.

Формат

ДИСПА(значение1;значение2; ...)

Значение1, значение2, ... – это от 1 до 30 числовых аргументов, соответствующих выборке из генеральной совокупности.

Аргументы, содержащие значение ИСТИНА, интерпретируются как 1, аргументы, содержащие текст или значение ЛОЖЬ, интерпретируются как 0 (ноль).

Для вычисления дисперсии генеральной совокупности используется функция ДИСПР.

Формат

ДИСПР(число1;число2; ...)

Число1, число2, ... – это от 1 до 30 числовых аргументов, соответствующих генеральной совокупности.

Логические значения, например ИСТИНА и ЛОЖЬ, а также текст игнорируются.

Если текстовые и логические значения, например, ИСТИНА и ЛОЖЬ, не должны игнорироваться, для вычисления дисперсии генеральной совокупности используется функция ДИСПРА.

Формат

ДИСПРА(значение1;значение2; ...)

Значение1, значение2, ... – это от 1 до 30 числовых аргументов, соответствующих генеральной совокупности.

Аргументы, содержащие значение ИСТИНА, интерпретируются как 1; аргументы, содержащие текст или значение ЛОЖЬ, интерпретируются как 0 (ноль).

При малом объеме выборки (не более 30 испытаний) дисперсию можно вычислить по следующей формуле:

$$\sigma^2\{X\} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2, \quad (5.5)$$

где n – количество испытаний;

X_i – значение случайной величины;

$\bar{X}$ – среднее значение случайной величины.

Для вычисления суммы квадратов отклонений значений случайной величины от среднего можно воспользоваться функцией КВАДРОТКЛ.

Формат

КВАДРОТКЛ(число1;число2; ...)

Число1, число2, ... – это от 1 до 30 аргументов, для которых вычисляются сумма квадратов отклонений. Аргументы должны быть числами или именами, массивами или ссылками, содержащими числа.

Если аргумент, который является массивом или ссылкой, содержит тексты, логические значения или пустые ячейки, то такие значения игнорируются; однако ячейки, которые содержат нулевые значения, учитываются.

Уравнение для суммы квадратов отклонений имеет вид:

$$KВАДРОТКЛ = \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2. \quad (5.6)$$

Одной из важнейших задач статистической обработки наблюдений является сравнение двух или нескольких выборочных дисперсий с целью установления, являются ли сравниваемые выборочные дисперсии оценками одной и той же генеральной дисперсии.

Предположим, что имеются две дисперсии s_1^2 и s_2^2 , имеющих соответственно f_1 и f_2 степеней свободы (количество наблюдений минус количество параметров уравнения регрессии), причем первая выборка сделана из генеральной совокупности с дисперсией σ_1^2 , а вторая – из генеральной совокупности с дисперсией σ_2^2 .

Выдвигается нулевая гипотеза о равенстве $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$, т.е. $\frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} = 1$. Для того, чтобы отвергнуть ее, следует доказать значимость расхождения между s_1^2 и s_2^2 при выбранном уровне значимости p . В качестве критерия значимости обычно используется так называемое распределение Фишера, или F-распределение, такое, что

$$F = \frac{s_1^2}{\sigma_1^2} : \frac{s_2^2}{\sigma_2^2}. \quad (5.7)$$

В случае нулевой гипотезы

$$F = \frac{s_1^2}{s_2^2}, \quad (5.8)$$

следовательно, F-распределение может быть использовано для оценки отношения $\frac{s_1^2}{s_2^2}$. Нулевая гипотеза отвергается, если $\frac{s_1^2}{s_2^2} > F_{1-p}(f_1, f_2)$. Для определения значения $F_{1-p}(f_1, f_2)$ можно воспользоваться функцией FРАСПОВР, которая возвращает обратное значение для F-распределения вероятностей. F-распределение может быть использовано в F-тесте, который сравнивает степени разброса двух множеств данных.

Формат

FРАСПОВР (вероятность; степени_свободы1; степени_свободы2)

Вероятность – это вероятность, связанная с F-распределением.

Степени_свободы1 – это числитель степеней свободы.

Степени_свободы2 – это знаменатель степеней свободы.

Пример 5.4

Химические волокна подвергаются процессу разрыхления на кипоразрыхлителях. В условиях Жлобинского ОАО «БелФА» была проведена оптимизация скоростных параметров кипоразрыхлителей. При изучении процесса раз-

разрыхления химических волокон были получены данные об эффективности процесса разрыхления, представленные в таблице 5.4.

Таблица 5.4. Эффективность процесса разрыхления, %

№ опыта	Исходный вариант	Вариант после оптимизации
1	10,63	10,63
2	4,14	9,8
3	4,55	9,2
4	12,9	12,9
5	8,99	8,99
6	6,82	10,4

Можно ли при уровне значимости $p=0,01$ считать оптимизацию эффективной?

Эффективность процесса разрыхления зависит от дисперсии процента разрыхленности волокна. Таким образом, задача состоит в том, чтобы сравнить генеральные дисперсии представленных выборок эффективности процесса разрыхления химического волокна.

Решение

На листе MS Excel разместим исходные данные в ячейках A1 : C8 так, как показано на рис 5.8. Для определения выборочной дисперсии в ячейку B8 введем формулу

=ДИСП (B2 : B7) . Скопируем ее в ячейку C8.

Для расчета F по формуле (5.8) в ячейку C10 введем формулу =B8/C8.

Результаты расчетов представлены на рис. 5.8.

Microsoft Excel - книга					
№ опыта	Исходный вариант	Вариант после оптимизации	№ опыта	Исходный вариант	Вариант после оптимизации
1	10,63	10,63	1	10,63	10,63
2	4,14	9,8	2	4,14	9,8
3	4,55	9,2	3	4,55	9,2
4	12,9	12,9	4	12,9	12,9
5	8,99	8,99	5	8,99	8,99
6	6,82	10,4	6	6,82	10,4
Дисперсия	12,020	2,011	Дисперсия	=ДИСП(B2:B7)	=ДИСП(C2:C7)
F	5,979		F	=B8/C8	

Рис. 5.8. Расчет выборочных дисперсий

Числа степеней свободы $f_1=5$, $f_2=5$ (количество испытаний $n=6$, количество параметров уравнения регрессии $k=1$, откуда $f=n-k=6-1=5$).

Используя функцию `ФРАСПОБР`, находим $F_{0,99}(5,5)=10,967$. Для этого в ячейку B11 введем формулу `=ФРАСПОБР(0,01;5;5)`.

Здесь 0,01 – уровень значимости, 5 – число степеней свободы f_1 , 5 – число степеней свободы f_2 .

Мы видим, что $\frac{s_1^2}{s_2^2} = 5,979 < 10,967$. Следовательно, данные испытаний не позволяют отвергнуть нулевую гипотезу. Поэтому проведенную оптимизацию можно считать значимой.

По сравнению со значениями случайной величины дисперсия измеряется в квадратных единицах. Для того, чтобы иметь меру рассеяния, сопоставимую со значениями, часто используют квадратный корень из дисперсии, который называют *средним квадратичным отклонением* случайной величины ($\sigma(X)$).

$$\sigma(X) = \sqrt{\sigma^2\{X\}}, \quad (5.9)$$

где $\sigma^2\{X\}$ – дисперсия.

Коэффициент вариации, %, является относительной характеристикой рассеяния случайной величины и вычисляется по формуле

$$CV = \frac{\sigma(X)}{\bar{X}} 100, \quad (5.10)$$

где $\bar{X}$ – среднее арифметическое значение.

5.4. Поиск минимального и максимального значений в выборке

Для поиска минимального значения в выборке существует функция `МИН`, которая возвращает наименьшее значение в списке аргументов.

Формат

`МИН(число1;число2;...)`

Число1, число2, ... – это от 1 до 30 аргументов, среди которых ищется минимальное значение. В качестве аргументов могут выступать числа, пустые ячейки, логические значения или текстовые представления чисел. Если аргумент является массивом или ссылкой, то учитываются только числа. Пустые ячейки, логические значения или тексты в массиве или ссылке игнорируются.

Если логические значения или тексты игнорироваться не должны, следует пользоваться функцией `МИНА`, в которой, наряду с числовыми значениями, выполняется сравнение текстовых и логических значений.

Формат

`МИНА(значение1;значение2,...)`

Значение1, значение2, ... — это от 1 до 30 значений, среди которых определяется наименьшее. Аргументы могут являться числами, пустыми ячейками, логическими значениями или текстовыми представлениями чисел. Если аргументом является массив или ссылка, учитываются только значения массива или ссылки, пустые ячейки и тексты игнорируются.

Аргументы, содержащие значение ИСТИНА, интерпретируются как 1, аргументы, содержащие текст или значение ЛОЖЬ, интерпретируются как 0 (ноль).

Функция МАКС возвращает наибольшее значение из набора значений.

Формат

МАКС (число1; число2; ...)

Число1, число2, ... — это от 1 до 30 чисел, среди которых ищется максимальное значение. Аргументы могут являться числами, пустыми ячейками, логическими значениями или текстовыми представлениями чисел. Аргументы, которые являются значениями ошибки или текстами, не преобразуемыми в числа, вызывают значения ошибок.

Если аргумент является массивом или ссылкой, то в нем учитываются только числа. Пустые ячейки, логические значения или текст в массиве или ссылке игнорируются. Если аргументы не содержат чисел, то функция МАКС возвращает 0 (ноль).

Если логические значения или текст не должны игнорироваться, следует использовать функцию МАКСА, которая возвращает наибольшее значение в списке аргументов, причем, наряду с числовыми значениями, выполняется также сравнение текстовых и логических значений.

Формат

МАКСА (значение1; значение2, ...)

Значение1, значение2, ... — это от 1 до 30 значений, среди которых ищется наибольшее.

Аргументы могут являться числами, пустыми ячейками, логическими значениями или текстовыми представлениями чисел. Если аргументом является массив или ссылка, учитываются только значения массива или ссылки. Пустые ячейки и тексты в массиве или ссылке игнорируются.

Аргументы, содержащие значение ИСТИНА, интерпретируются как 1, аргументы, содержащие текст или значение ЛОЖЬ, интерпретируются как 0 (ноль). Если аргументы не содержат значений, то функция МАКСА возвращает 0 (ноль).

5.5. Характеристики распределения случайных величин

Асимметричность распределения характеризуется *коэффициентом асимметрии*. Асимметрия характеризует степень несимметричности распределения относительно его среднего. Положительная асимметрия указывает на отклонение распределения в сторону положительных значений. Отрицательная асимметрия указывает на отклонение распределения в сторону отрицательных значений. Коэффициент асимметрии определяется с помощью функции СКОС.

Формат

СКОС (число1; число2; ...)

Число1, число2, ... – это от 1 до 30 аргументов, для которых вычисляется асимметричность. Аргументы должны быть числами или именами, массивами или ссылками, содержащими числа.

Если аргумент, который является массивом или ссылкой, содержит тексты, логические значения или пустые ячейки, то такие значения игнорируются; однако ячейки, которые содержат нулевые значения, учитываются.

Если имеется менее трех точек данных, или стандартное отклонение равно нулю, то функция СКОС возвращает значение ошибки #ДЕЛ/0!.

Коэффициент асимметрии определяется следующим образом:

$$\alpha = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i - \bar{X}}{S} \right)^3. \quad (5.11)$$

Другой характеристикой, относящейся к виду распределения, является крутость кривой распределения, определяемая *эксцессом*. Эксцесс характеризует относительную остроконечность или сглаженность распределения по сравнению с нормальным распределением и вычисляется по формуле

$$e = \left\{ \frac{n(n+1)}{(n-1)(n-2)(n-3)} \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i - \bar{x}}{s} \right)^4 \right\} - \frac{3(n-1)^2}{(n-2)(n-3)}, \quad (5.12)$$

где n – количество наблюдений;

x_i – значение случайной величины;

$\bar{x}$ – среднее значение по выборке;

s – стандартное отклонение выборки.

Островеершинные кривые имеют положительный эксцесс, плосковершинные – отрицательный; при $e = -2$ плосковершинная кривая распадается на две самостоятельные.

Для его вычисления в табличном процессоре MS Excel существует функция ЭКСЦЕСС.

Формат

ЭКСЦЕСС (число1; число2; ...)

Число1, число2, ... – это от 1 до 30 аргументов, для которых вычисляется эксцесс. Можно использовать массив или ссылку на массив вместо аргументов, разделяемых точкой с запятой.

Аргументы должны быть числами или именами, массивами или ссылками, содержащими числа. Если аргумент содержит тексты, логические значения или пустые ячейки, то такие значения игнорируются, однако ячейки, которые содержат нулевые значения, учитываются.

Если задано менее четырех точек данных или если стандартное отклонение выборки равняется нулю, то функция ЭКСЦЕСС возвращает значение ошибки #ДЕЛ/0!

Пример 5.5

Определим основные числовые характеристики выборки, полученной в результате исследования процесса смешивания химических волокон разной длины и линейной плотности, представленной в таблице 5.5. Исследование проводилось в условиях Жлобинского ОАО «БелФА».

Таблица 5.5. Масса волокна в пробе при смешивании химических волокон

№ пробы	Лавсан	Нитрон Н-4	Нитрон Н-2
1	254	284	175
2	260	325	228
3	222	384	192
4	224	374	234
5	340	507	279
6	216	368	241
7	235	299	109
8	275	392	147
9	271	304	187
10	262	397	315
11	222	284	295
12	198	242	196
13	234	293	206
14	286	345	217
15	291	364	163
16	230	314	157
17	259	398	200
18	300	389	201
19	278	342	184
20	287	321	199

Решение

Разместим исходные данные в ячейках A1:D21 листа MS Excel так, как показано на рис. 5.8.

В ячейках F1:I11 разместим таблицу, в которой отразим основные числовые характеристики, которые необходимо рассчитать: число элементов, среднее, медиана, мода, среднее квадратичное отклонение, коэффициент вариации, дисперсия, минимум, максимум, асимметрия, эксцесс (рис. 5.8).

Вспользуемся описанными выше статистическими функциями для их расчета. Результаты вычислений представлены на рис. 5.8 и 5.9.

Microsoft Excel - книга.xls									
	№ группы	Лавсан (судовый)	Нитрон Н-4	Нитрон Н-2		Статистические характеристики	Лавсан	Нитрон Н-4	Нитрон Н-2
1	1	254	264	175		Число элементов	20	20	20
2	2	260	325	228		Среднее	257,2	346,3	206,25
3	3	222	364	192		Медиана	259,5	343,5	188,5
4	4	224	374	234		Мода	222	284	#Н/Д
5	5	340	507	279		Среднее квадратичное отклонение	34,857	58,767	49,767
6	6	216	368	241		Коэффициент вариации	13,552	16,970	24,139
7	7	235	299	109		Дисперсия1	1215,111	3453,589	2478,724
8	8	275	392	147		Дисперсия2	1215,011	3453,585	2478,724
9	9	271	304	192		Минимум	183	242	103
10	10	282	397	315		Максимум	340	507	315
11	11	22	284	255		Асимметрия	0,425	0,770	0,504
12	12	198	242	195		Эксцесс	0,082	1,656	0,514
13	13	234	295	201					
14	14	266	345	217					
15	15	281	364	183					
16	16	230	314	157					
17	17	259	395	200					
18	18	300	365	201					
19	19	278	342	184					
20	20	267	321	195					

Рис. 5.8. Основные числовые характеристики выборки

Microsoft Excel - книга.xls				
	Статистические характеристики	Лавсан	Нитрон Н-4	Нитрон Н-2
1	Число элементов	=СЧЕТ(В2:В21)	=СЧЕТ(С2:С21)	=СЧЕТ(Д2:Д21)
2	Среднее	=СРЗНАЧ(В2:В21)	=СРЗНАЧ(С2:С21)	=СРЗНАЧ(Д2:Д21)
3	Медиана	=МЕДИАНА(В2:В21)	=МЕДИАНА(С2:С21)	=МЕДИАНА(Д2:Д21)
4	Мода	=МОДА(В2:В21)	=МОДА(С2:С21)	=МОДА(Д2:Д21)
5	Среднее квадратичное отклонение	=КОРЕНЬ(КВАДРОТК(В2:В21)/С2-1)	=КОРЕНЬ(КВАДРОТК(С2:С21)/С2-1)	=КОРЕНЬ(КВАДРОТК(Д2:Д21)/Д2-1)
6	Коэффициент вариации	=В6/В3*100	=Н6/Н3*100	=В6/В3*100
7	Дисперсия1	=ДИСП(В2:В21)	=ДИСП(С2:С21)	=ДИСП(Д2:Д21)
8	Дисперсия2	=КВАДРОТК(В2:В21)/С2-1	=КВАДРОТК(С2:С21)/С2-1	=КВАДРОТК(Д2:Д21)/Д2-1
9	Минимум	=МИН(В2:В21)	=МИН(С2:С21)	=МИН(Д2:Д21)
10	Максимум	=МАКС(В2:В21)	=МАКС(С2:С21)	=МАКС(Д2:Д21)
11	Асимметрия	=СКОС(В2:В21)	=СКОС(С2:С21)	=СКОС(Д2:Д21)
12	Эксцесс	=ЭКСС(В2:В21)	=ЭКСС(С2:С21)	=ЭКСС(Д2:Д21)

Рис. 5.9. Результаты вычисления основных числовых характеристик выборки в режиме формул

Здесь дисперсия1 – дисперсия, вычисленная с использованием функции ДИСП, дисперсия2 – дисперсия, вычисленная по формуле (5.5) с использованием функции КВАДРОТКЛ. Проведенные расчеты показали, что эти два значения равны, следовательно, для определения дисперсии выборки можно пользоваться как функцией ДИСП, так и вычислять ее по формуле (5.5).

Так как значение медианы для всех видов волокон не совпадает со средним значением, распределение случайных величин не является симметричным.

Мода возвращает наиболее часто встречающееся значение. Таким значением для лавсана является масса пробы 222 грамма, для нитрона Н-4 – 284 грамма. Массы проб нитрона Н-2 не повторяются, поэтому функция МОДА вернула значение #Н/Д.

Положительная асимметрия для всех видов волокон указывает на отклонение распределения в сторону положительных значений, т.е. кривая смещена в левую сторону.

Значение эксцесса для всех видов волокон положительное, следовательно, все кривые распределения будут островершинными, причем наиболее острая вершина будет у кривой распределения нитрона Н-4, наименее острая – у кривой распределения лавсана.

Чем больше асимметрия и эксцесс, тем ниже технологическая ценность продукта.

5.6. Задания для самостоятельной работы

Ниже приводятся варианты задач, при решении которых следует использовать как статистические функции, так и функции из других категорий (математических, логических, функций категории «Ссылки и массивы»). Часть заданий основана на задачах, представленных в главе 4.

Пример решения задачи варианта 6 представлен в приложении Б.

Вариант 1. В книге MS Excel на листе 1 создать ведомость учета материальных средств, представленную в таблице 5.6. Определить износ за месяц и остаточную стоимость единицы оборудования.

Таблица 5.6. Ведомость учета материальных средств

Шифр	Наименование материальных средств	Первоначальная стоимость	Сумма износа	Норма амортизации	Износ за месяц единицы оборудования	Остаточная стоимость единицы оборудования
И1	Пресс для ВТО	800000	12000	18		
Т1	Ткацкий станок Т1	1000000	10000	10		
Т2	Ткацкий станок Т2	1500000	15000	11		
Ш1	Швейная машина 1022 кл.	300000	5000	16		
Ш2	Швейная машина 1097 кл.	350000	7000	15		

Износ за месяц вычисляется по формуле

$$A_{\text{мес}} = \frac{C_{\text{пер}} * H_a}{12 * 100}, \quad (5.13)$$

где $A_{\text{мес}}$ – сумма износа за месяц, $C_{\text{пер}}$ – первоначальная стоимость, H_a – норма амортизации, %.

Остаточная стоимость вычисляется по формуле

$$O_{\text{ост}} = C_{\text{пер}} - C_{\text{изн}} - A_{\text{мес}}, \quad (5.14)$$

где $O_{\text{ост}}$ – остаточная стоимость, $C_{\text{изн}}$ – сумма износа, $A_{\text{мес}}$ – износ за месяц.

На листе 2 создать ведомость учета оборудования по каждому цеху (по 2-4 вида оборудования в каждом цехе, в сумме – не менее 15 записей). Список должен содержать следующие столбцы: шифр цеха, наименование цеха (3 ткацких цеха, 2 швейных цеха), шифр оборудования (выбрать из таблицы В1.1), количество оборудования (от 2 до 35), общий износ за месяц – вычисляемое поле, общая остаточная стоимость – вычисляемое поле. Вычисляемые поля не заполняются.

Определить общий износ за месяц и общую остаточную стоимость по формулам

Общий износ за месяц = износ за месяц * количество оборудования.

Общая остаточная стоимость = остаточная стоимость * количество оборудования.

1. Определить количество оборудования, общий износ и общую остаточную стоимость каждого вида оборудования.
2. Определить, сколько единиц оборудования установлено в каждом цехе.
3. Рассчитать, сколько наименований оборудования установлено в каждом цехе.
4. Найти количество цехов, в которых установлено минимальное количество оборудования.
5. Найти количество цехов, в которых установлено оборудования больше среднего по предприятию.
6. Найти количество цехов, в которых установлено от 10 до 20 единиц оборудования.

Вариант 2. В книге MS Excel создать список рабочих цеха (не менее 15 фамилий). Список должен содержать следующие столбцы: фамилия рабочего, разряд (с 1 по 6), отработанное время (от 120 до 350 часов), тарифная заработная плата – вычисляемое поле, КТУ – вычисляемое поле, расчетная заработная плата – вычисляемое поле. Вычисляемые поля не заполняются.

Столбец тарифная заработная плата заполнить, используя данные таблицы 5.7. Столбец КТУ заполнить, используя данные таблицы 5.8.

Расчетная заработная плата = тарифная заработная плата * КТУ.

Таблица 5.7. Тарифная заработная плата по каждому разряду работ

Разряд	Тарифная заработная плата
1	65000
2	75000
3	100000
4	120000
5	150000
6	200000

Таблица 5.8. Коэффициент трудового участия

Отработанное время	КТУ
100-200	1,2
200-300	1,4
300-400	1,5

1. Найти количество рабочих каждого разряда. Результаты вычислений представить в таблице.
2. Найти средний разряд, среднюю тарифную заработную плату, средний КТУ, среднюю расчетную заработную плату.
3. Найти сумму заработной платы рабочих с 3 по 5 разряд.
4. Найти количество рабочих, чей КТУ выше среднего по бригаде.

Вариант 3. В книге MS Excel создать список сотрудников фирмы (не менее 15 фамилий). Список должен содержать следующие столбцы: фамилия, инициалы сотрудника, стаж работы (от 0,5 до 10 лет), семейное положение, коэффициент – вычисляемое поле, оклад – вычисляемое поле, количество детей, премия – вычисляемое поле. Вычисляемые поля не заполняются.

Столбец коэффициент заполнить, используя данные таблицы 5.9.

Поле оклад вычисляется по формуле

Оклад = минимальная заработная плата * коэффициент.

Значение минимальной заработной платы задать самостоятельно.

Столбец премия заполнить, используя данные таблицы 5.10.

Таблица 5.9. Повышающий коэффициент

Коэффициент	Стаж
1	<1
1,1	1
1,2	2
1,3	3
1,4	4
1,7	5
2	>5

Таблица 5.10. Размер премии

Количество детей	Премия
1	10%
2	20%
3	30%
>3	50%

1. Найти количество рабочих, отработавших 0,5, 1, 2, 4, 5, 6, 10 лет. Результаты представить в таблице.

2. Найти количество женатых и холостых рабочих.
3. Найти суммарный оклад рабочих, коэффициент которых выше среднего.
4. Найти сумму премий рабочих, отработавших от 2 до 6 лет.
5. Найти средний оклад и средний размер премии по бригаде, округлив до 2 знаков после запятой.

Вариант 4. В книге MS Excel создать список сотрудников отдела продаж (не менее 15 фамилий). Список должен содержать следующие столбцы: фамилия, инициалы сотрудника, начислено – вычисляемое поле, количество продаж (от 15 до 100), премия – вычисляемое поле, общая сумма – вычисляемое поле. Вычисляемые поля не заполняются.

Начислено зависит от количества продаж и вычисляется в соответствии с таблицей 5.11.

Таблица 5.11. Зависимость начислений от количества продаж

Количество продаж	Начислено
От 15 до 25	300000
От 26 до 30	350000
От 31 до 50	400000
От 51 до 75	450000
От 76 до 100	500000
Свыше 100	550000

Премия зависит от количества и вычисляется в соответствии с таблицей 5.12 по формуле

Премия = процент премии * начислено / 100.

Общая сумма вычисляется по формуле

Общая сумма = начислено + премия.

Таблица 5.12. Размер премии в зависимости от количества продаж

Продажи	От 15 до 25	От 25 до 30	Более 30
Премия (% от Начислено)	50	75	100

1. Определить общую и среднюю сумму премии по отделу, среднее количество продаж, округлив до целого.
2. Найти количество сотрудников, количество продаж которых ниже среднего по отделу.
3. Найти количество сотрудников, продавших от 15 до 25, от 25 до 30, более 30 товаров. Результаты представить в таблице.
4. Найти общую сумму к выдаче для сотрудников, количество продаж которых лежит в пределах от 20 до 35.
5. Найти количество сотрудников, размер премии которых выше среднего по отделу.

Вариант 5. В книге MS Excel создать оперативную ведомость учета заказов (по 2-4 заказа каждого вида товара, в сумме – не менее 15 заказов). Список должен содержать следующие столбцы: № заказа, шифр товара (M1, M2, M3, M4, M5), дата заказа, дата поставки, получатель, количество товара (от 30 до 300), розничная цена – вычисляемое поле, стоимость партии товара – вычисляемое поле. Вычисляемые поля не заполняются.

Розничная цена рассчитывается по формуле

$$\text{Розничная цена} = 1,25 \cdot \text{отпускная цена}.$$

Для ее расчета при отображении отпускной цены из таблицы 5.13 использовать функции ВПР или ПРОСМОТР.

Таблица 5.13. Отпускные цены

Шифр	Наименование товара	Отпускная цена
M1	Ситец набивной	1520
M2	Вельвет	11600
M3	Бархат на трикотажной основе	21300
M4	Флизелин	850
M5	Гипюр	22100

Стоимость партии товара вычисляется по формуле

$$\text{Стоимость партии товара} = \text{розничная цена} \cdot \text{количество}.$$

1. Определить количество товаров, общую и среднюю стоимость партии каждого вида товара.
2. Определить, сколько раз заказывается товар каждого вида.
3. Найти количество получателей, заказавших максимальное количество товара.
4. Найти количество получателей, закупивших товара меньше среднего по всей ведомости.
5. Найти количество получателей, закупивших от 50 до 100 метров ткани.
6. Определить количество заказов и количество поставок по каждой дате.

Вариант 6. В таблице 5.14 представлены сведения о выпуске продукции текстильного производства.

Определить плановый и фактический выпуск изделий в стоимостном выражении (сумма по плану, сумма по факту).

$$\text{Сумма по плану} = \text{Количество} \cdot \text{Плановая себестоимость}.$$

$$\text{Сумма по факту} = \text{Количество} \cdot \text{Фактическая себестоимость}.$$

Рассчитать показатели, представленные в таблице 5.15.

$$\text{Средний выпуск} = \frac{\text{общий выпуск}}{\text{количество выпускаемых видов продукции}}.$$

$$\text{Средняя себестоимость} = \frac{\text{суммарная себестоимость}}{\text{количество выпускаемых видов продукции}}.$$

При решении задачи использовать именованные диапазоны.

Таблица 5.14. Сведения о выпуске продукции

Код цеха	Код изделия	Наименование изделия	Планируемый выпуск	Фактический выпуск	Плановая себестоимость	Фактическая себестоимость	Сумма по плану	Сумма по факту
11	3C122	Ситец суровый	350	345	2150	2205		
11	3C128	Миткаль суровый	400	400	1150	1155		
11	3C134	Сатин суровый	410	415	1200	1220		
11	3C142	Бязь суровая	300	305	2500	2495		
12	4C122	Атлас гладкокрашенный	500	500	1400	1400		
12	4C128	Сатин набивной	320	300	1450	1440		
12	4C134	Сатин гладкокрашенный	440	480	1800	1850		
12	4C142	Ситец набивной	660	650	1650	1600		
13	5C122	Ситец гладкокрашенный	250	260	2240	2720		
13	5C128	Миткаль гладкокрашенный	300	285	1200	1190		
13	5C134	Сатин отбеленный	415	413	1280	1300		
13	5C142	Бязь отбеленная	350	350	2600	2650		
14	6C122	Наволочка	10	12	2500	2450		
14	6C128	Халат	25	23	6800	6600		
14	6C134	Простыня	20	20	4500	4500		
14	6C142	Пододуляльник	15	16	7800	8000		
15	7C122	Прихватки	18	19	1600	1600		
15	7C128	Рукавицы	40	42	950	1000		
15	7C134	Набор для кухни	10	10	5600	5600		
15	7C142	Набор для ванной	10	9	8400	8800		
Итого								

Таблица 5.15. Показатели работы цехов

Код цеха/ Показатель	11	12	13	14	15
Средний выпуск по плану					
Средний выпуск по факту					
Средняя себестоимость по плану					
Средняя себестоимость по факту					
Суммарный выпуск по плану					
Суммарный выпуск по факту					
Общая сумма по плану					
Общая сумма по факту					

1. В строке «Итого» найти средний плановый выпуск изделий, средний фактический выпуск, среднюю плановую и фактическую себестоимости, среднюю сумму по плану и по факту.

2. Найти количество изделий, фактический выпуск которых превышает средний фактический выпуск по предприятию.

3. Найти количество изделий, плановая себестоимость которых находится в пределах от 1500 до 3000 рублей.

Вариант 7. Решить задачу из варианта 7 главы 4. Использовать функции ВПР или ПРОСМОТР, именованные ячейки и диапазоны.

1. Определить количество операций, затрата времени на которые лежит в пределах от 30 до 100 с.

2. Найти количество машинных, ручных и утюжилых операций, средний разряд по каждому виду операций. Результаты представить в виде таблицы.

Вид операции	М	У	Р
Количество			
Средний разряд			

Средний разряд = сумма разрядов/количество операций.

Округлить до 1 знака после запятой.

3. Найти среднее значение затраты времени, средний разряд, среднее расчетное и фактическое количество рабочих, среднее значение расценки на выполнение операции для всей группы операций.

Вариант 8. Решить задачу из варианта 8 главы 4. Использовать функции ВПР или ПРОСМОТР, именованные ячейки и диапазоны.

1. В строке «Итого» найти средние значения коэффициента, характеризующего соотношение фактического и планового числа работ, сданных с 1 предъявления (K_k), коэффициента, характеризующего соответствие фактических сроков выполнения работ плановым исполнителем (K_c) и обобщающего коэффициента (K_o), округлив полученные значения до 2 знаков после запятой.

2. В строке «Итого» найти средний размер премии исполнителя, округлив до 1 знака после запятой.

3. Найти количество сотрудников, оклад которых выше среднего по участку.

4. Найти количество сотрудников, имеющих минимальное количество забракованных позиций разработки.

5. Найти количество сотрудников, имеющих обобщающий коэффициент в пределах от 1,2 до 1,5.

6. Найти количество сотрудников, размер премии которых ниже среднего по участку.

7. Найти сумму премий сотрудников, плановый фонд заработной платы которых находится в пределах от 500 до 530 тыс. руб.

Вариант 9. На конвейерном потоке выпускаются три вида изделий: А, Б, В. В таблице 5.16 приведены данные о количестве выпускаемых изделий и их трудоемкости по каждому виду.

Таблица 5.16

Вид изделия	А	Б	В
Программа выпуска в смену, M_i , пар	650	450	400
Трудоемкость единицы изделия, $T_{тр.i}$, ч	1,2	1,5	2

Продолжительность смены, $T_{см}$ – 480 мин.

Размер операционной партии – 1 пара.

Шаг ячейки конвейера, l_j – 0,3 м.

Рассчитать показатели конвейерного потока при системе последовательно-ассортиментного запуска, представленные в таблице 5.17.

Для отображения программы выпуска и трудоемкости единицы изделия каждого вида в формулах использовать функции ПРОСМОТР или ГПР.

1. Вычислить трудоемкость общей программы по каждому виду изделия

$$T_{о.гр.i} = M_i / T_{тр.i}.$$

2. Вычислить трудоемкость общей программы потока

$$T_{о.гр.} = \sum T_{о.гр.i}.$$

3. Вычислить коэффициент приведения трудоемкости по видам изделий

$$K_{тр.i} = T_{тр.i} / \min T_{тр.i}.$$

4. Программа выпуска в единицах приведенной трудоемкости по видам в условных парах

$$M_{тр.i} = M_i / K_{тр.i}.$$

5. Общий условный такт потока

$$t_y = T_{см} / \sum M_{тр.i}.$$

6. Частный такт линии потока, мин

$$t_{чi} = t_y \cdot K_{тр.i}.$$

7. Удельное значение трудоемкости вида изделия в общей трудоемкости программы

$$\gamma_{тр.i} = M_i \cdot T_{тр.i} / T_{о.гр.}.$$

8. Продолжительность выпуска каждого вида изделия, мин

$$T_i = T_{см} \cdot \gamma_{тр.i} - \text{округлить до целого.}$$

9. Общая продолжительность выпуска изделий

$$T = \sum T_i.$$

10. Скорость каждой линии конвейера, м/мин

$$v_i = l_j / t_{чi}.$$

Таблица 5.17. Показатели конвейерного потока при системе последовательно-ассортиментного запуска

Показатель	А	Б	В	Сумма
1. Трудоемкость общей программы потока, $T_{о.тр.л}$				Σ
2. Коэффициент приведения трудоемкости, $K_{трл}$				
3. Программа выпуска в условных парах, $M_{трл}$				Σ
4. Общий условный такт потока, t_v				
5. Частный такт потока, t_{ql}				
6. Удельное значение трудоемкости, $\gamma_{трл}$				
7. Продолжительность выпуска, T_l , мин				
8. Скорость каждой линии конвейера, v_l , м/мин				

11. В таблицы 5.16 и 5.17 добавить столбец «Среднее», в котором рассчитать средние значения всех показателей, кроме общего условного такта потока.

12. Найти общую программу выпуска в смену изделий, коэффициент приведения трудоемкости которых больше 1.

13. Найти количество видов изделий, частный такт потока которых находится в пределах от 0,24 до 0,32.

14. Найти среднюю трудоемкость единицы изделий, удельная трудоемкость которых ниже средней по потоку.

15. Найти общую программу выпуска в условных парах изделий, коэффициент приведения трудоемкости которых меньше максимального.

Вариант 10. Решить задачу из варианта 10 главы 4. Использовать функции ВПР или ПРОСМОТР, именованные ячейки и диапазоны.

1. Добавить строку «Итого», в которой рассчитать среднее значение мощности, среднее количество рабочих, округлив до целого.

2. В строке «Итого» найти средний такт потока, округлив до 1 знака после запятой.

3. В строке «Итого» найти среднюю производительность труда, округлив до 2 знаков после запятой.

4. Определить суммарное и среднее количество рабочих на потоках, мощность которых превышает среднюю.

5. Определить количество потоков, мощность которых лежит в пределах от 350 до 430 единиц в смену.

6. Определить количество потоков, на которых коэффициент использования рабочего времени равен минимальному.

7. Определить количество потоков, на которых производительность труда 1 рабочего равна максимальной.

ГЛАВА 6. РАБОТА С ВЕКТОРАМИ И МАТРИЦАМИ

Для обработки векторов и матриц в табличном процессоре MS Excel предусмотрен специальный блок функций, относящихся к различным категориям.

Функция	Категория, к которой относится
ТРАНСП	Ссылки и массивы
МОБР	Математические
МОПРЕД	Математические
МУМНОЖ	Математические

Рассмотрим эти функции на примере решения инженерно-экономических задач матричными методами.

6.1. Элементы линейной алгебры

Система из n чисел $a_1, a_2, \dots, a_n$, записанных в определенном порядке, называется n -мерным вектором

$$\vec{a} = (a_1, a_2, \dots, a_n). \quad (6.1)$$

Числа a_i называются *координатами* или *компонентами вектора*, а число n – *размерностью вектора*.

Если последовательность чисел записана в строку, то она представляет собой *вектор-строку*, если в столбец – то *вектор-столбец*.

Суммой двух n -мерных векторов $\vec{a}$ и $\vec{b}$ называется такой третий n -мерный вектор, каждая координата которого равна сумме соответствующих координат слагаемых векторов, т.е.

$$\vec{a} + \vec{b} = (a_1 + b_1, a_2 + b_2, \dots, a_n + b_n). \quad (6.2)$$

Произведением вектора $\vec{a} = (a_1, a_2, \dots, a_n)$ на число λ называется вектор $\lambda \vec{a} = \vec{a} \lambda$, координаты которого получаются умножением всех координат данного вектора на число λ .

Система чисел, представленная в m строках и n столбцах прямоугольной таблицы, называется *матрицей*.

Числа, образующие матрицу, называются *элементами матрицы*. Элемент матрицы обозначается a_{ij} , где a – имя матрицы, i – номер элемента в строке, j – номер элемента в столбце.

Матрица имеет *размерность* $m \times n$, т.е. состоит из m строк и n столбцов.

Поскольку матрица размерности $m \times n$ есть таблица упорядоченных чисел, расположенных в m строках и n столбцах, то любую строку матрицы можно представить как n -мерный вектор и любой столбец как m -мерный вектор.

Матрица называется *квадратной*, если $m=n$.

Матрицу можно записать следующим образом:

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1j} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2j} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{i1} & a_{i2} & \dots & a_{ij} & \dots & a_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mj} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix} \quad (6.3)$$

или обозначить прописной латинской буквой, например, A .

При $m=1$ получается матрица-строка

$$(a_{11} \ a_{12} \ \dots \ a_{1n}). \quad (6.4)$$

При $n=1$ получается матрица-столбец

$$\begin{pmatrix} a_{11} \\ a_{21} \\ \dots \\ a_{m1} \end{pmatrix}. \quad (6.5)$$

Понятия матрицы-строки и вектора-строки, а также матрицы-столбца и вектора-столбца тождественны.

Элементы квадратной матрицы $a_{11}, a_{22}, \dots, a_{nn}$ образуют ее *главную диагональ*. *Побочная диагональ* идет от последнего элемента первой строки к последнему элементу первого столбца, т.е. $a_{1n}, a_{2n-1}, \dots, a_{n1}$.

Матрица называется *единичной*, если ее элементы, расположенные на главной диагонали ($a_{11}, a_{22}, \dots, a_{nn}$), равны единице, а остальные элементы матрицы равны нулю. Единичная матрица обозначается буквой E .

$$E = \begin{pmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & 1 \end{pmatrix}. \quad (6.6)$$

Матрица A^T , полученная путем перестановки строк и столбцов, называется *транспонированной*.

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix}, \quad A^T = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{21} & \dots & a_{m1} \\ a_{12} & a_{22} & \dots & a_{m2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{1n} & a_{2n} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix}. \quad (6.7)$$

Для получения транспонированной матрицы табличный процессор Excel предоставляет функцию ТРАНСП, которая используется для того, чтобы поменять ориентацию массива на рабочем листе с вертикальной на горизонтальную и наоборот. Более подробно функция ТРАНСП рассмотрена в главе 4 «Функции категории «ссылки и массивы».

Суммой двух матриц A и B называют такую третью матрицу C , каждый элемент которой равен сумме соответствующих элементов матриц A и B . Складывать можно только матрицы одной размерности.

Умножение матрицы на число сводится к умножению на это число всех элементов матрицы.

6.2. Произведение матриц. Функция МУМНОЖ

Произведением двух матриц A и B называют матрицу C , элемент которой c_{ij} получают как сумму произведений элементов i -той строки множимого на соответствующие элементы j -того столбца множителя.

Перемножать матрицы можно только в случае равенства числа элементов в строке множимой матрицы числу элементов в столбце матрицы-множителя, или, другими словами, когда число столбцов множимой матрицы равно числу строк в матрице-множителе.

Например, матрицу размерности 3×2 можно умножить на матрицу размерности 2×5 , но нельзя умножить на матрицу размерности 5×2 .

Для вычисления произведения двух матриц или произведения матрицы на вектор в табличном процессоре MS Excel существует функция МУМНОЖ, которая относится к категории математических функций.

Формат:

МУМНОЖ(массив1; массив2)

Массив1, массив2 – перемножаемые массивы.

Количество столбцов аргумента массив1 должно быть таким же, как количество строк аргумента массив2, причем оба массива должны содержать только числа. Если хотя бы одна ячейка в аргументах пуста или содержит текст, или если число столбцов в аргументе массив1 отличается от числа строк в аргументе массив2, то функция МУМНОЖ возвращает значение ошибки #ЗНАЧ!.

При вычислении произведения двух матриц одинаковой размерности $m \times n$ функция МУМНОЖ возвращает матрицу такого же размера, как и исходные матрицы. При вычислении произведения двух матриц размерности $m_1 \times n_1$ и $m_2 \times n_2$, причем $n_1 = m_2$, функция МУМНОЖ возвращает массив размерности $m_1 \times n_2$.

При умножении матрицы размерности $m \times n$ на вектор размера n функция МУМНОЖ возвращает вектор размерности n .

Так как функция МУМНОЖ возвращает массив, то она вводится при помощи клавиш CTRL+SHIFT+ENTER.

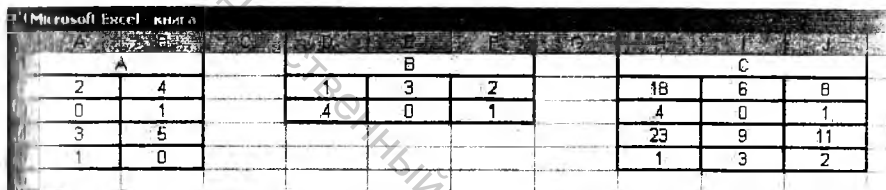
Пример 6.1

Дана матрица A размерности 4×2 и матрица B размерности 2×3 . Найти произведение матриц $A \cdot B$.

$$A = \begin{pmatrix} 2 & 4 \\ 0 & 1 \\ 3 & 5 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 2 \\ 4 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

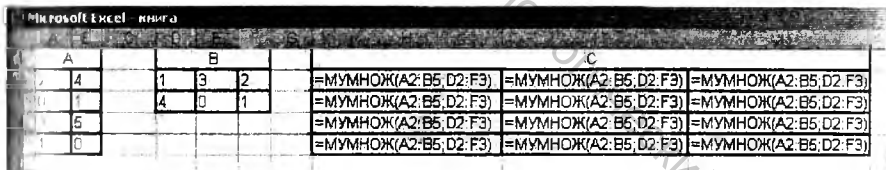
Решение

1. На листе MS Excel создать матрицу A размерности 4x2. Для этого в ячейки A2:A5 ввести значения элементов матрицы A (рис. 6.1).
 2. Создать матрицу B размерности 2x3. Для этого в ячейки D2:F3 ввести значения элементов матрицы B (рис. 6.1).
 3. Выделить блок размером 4x3 ($m_1 \times n_2$) – ячейки H2:J5.
 4. Вызвать функцию МУМНОЖ. Ввести аргументы: массив1 – ячейки A2:A5, массив2 – ячейки D2:F3. Нажать CTRL+SHIFT+ENTER.
- Результаты решения приведены на рис. 6.1 и 6.2.



A		B			C		
2	4	1	3	2	18	6	8
0	1	4	0	1	4	0	1
3	5				23	9	11
1	0				1	3	2

Рис. 6.1. Результат решения примера 6.1



A		B			C		
2	4	1	3	2	=МУМНОЖ(A2:B5;D2:F3)	=МУМНОЖ(A2:B5;D2:F3)	=МУМНОЖ(A2:B5;D2:F3)
0	1	4	0	1	=МУМНОЖ(A2:B5;D2:F3)	=МУМНОЖ(A2:B5;D2:F3)	=МУМНОЖ(A2:B5;D2:F3)
3	5				=МУМНОЖ(A2:B5;D2:F3)	=МУМНОЖ(A2:B5;D2:F3)	=МУМНОЖ(A2:B5;D2:F3)
1	0				=МУМНОЖ(A2:B5;D2:F3)	=МУМНОЖ(A2:B5;D2:F3)	=МУМНОЖ(A2:B5;D2:F3)

Рис. 6.2. Решение примера 6.1 в режиме формул

6.3. Функции МОПРЕД и МОБР

Разность произведений элементов матрицы системы, расположенных по главной диагонали, и элементов матрицы, расположенных по побочной диагонали, называется *определителем матрицы*.

Функция МОПРЕД из категории «математические функции» позволяет вычислять определитель матрицы любой размерности $n \times n$, причем матрица хранится в массиве.

Формат

МОПРЕД (массив)

Массив — числовой массив с равным количеством строк и столбцов.

Аргумент массив может быть задан как интервал ячеек, например, B2:D4, или как массив констант, например {1;2;3;4;5;6;7;8;9}, или как имя, именующее интервал или массив.

Если какая-либо ячейка в массиве пуста или содержит текст, а также количество строк массива не равно количеству его столбцов, то функция МОПРЕД возвращает значение ошибки #ЗНАЧ!

Функция МОПРЕД производит вычисления с точностью примерно 16 значащих цифр. Если при решении задач нет необходимости в вычислениях с большой точностью (свыше 16 значащих цифр), то значение определителя, равного 1E-16 можно принять равным нулю.

Обратной матрицей по отношению к квадратной матрице А называют матрицу A^{-1} , которая при умножении как слева, так и справа на матрицу А дает единичную матрицу Е.

Обратную матрицу имеет только невырожденная матрица, т.е. матрица, определитель которой не равен нулю.

Функция МОБР из категории «математические функции» позволяет получить обратную матрицу такого же размера $n \times n$, что и исходная матрица А.

Формат

МОБР (массив)

Массив — числовой массив с равным количеством строк и столбцов.

Аргумент массив может быть задан как интервал ячеек, например, B2:D4, или как массив констант, например, {1;2;3;4;5;6;7;8;9}, или как имя интервала или массива. Если какая-либо ячейка в массиве пуста или содержит текст, а также количество строк массива не равно количеству его столбцов, то функция МОПРЕД возвращает значение ошибки #ЗНАЧ!

Пример 6.2.

Рассчитать коэффициенты полных затрат b_{ij} для 5 отраслей народного хозяйства. Межотраслевые потоки продукции представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1. Межотраслевые потоки продукции

	А	В	С	Д	Е	Ж	З
1	Отрасль	I	II	III	IV	V	$Y_{пл}$
2	I	40	65	23	48	12	116
3	II	24	50	26	40	61	110
4	III	18	36	42	27	37	70
5	IV	34	47	38	45	56	90
6	V	26	17	19	30	20	70

Коэффициенты полных затрат b_{ij} показывают, сколько всего нужно произвести продукции i -той отрасли для выпуска в сферу конечного использования единицы продукции j -той отрасли. Матрица $B=(b_{ij})_{n \times n}$ есть матрица, обратная матрице $(E-A)$, т.е.

$$B = (E-A)^{-1}, \quad (6.8)$$

где E – единичная матрица;

$A=(a_{ij})_{n \times n}$ – матрица коэффициентов прямых затрат.

$$a_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_i}, \quad i=1, \bar{n}, \quad j=1, \bar{n}, \quad (6.9)$$

где x_{ij} – межотраслевые потоки;

x_i – валовый выпуск продукции по каждой отрасли.

Решение

1. На листе MS Excel создаем исходную таблицу (ячейки A1:H6).

2. Валовый выпуск продукции $X_{отч}$ представляется собой сумму межотраслевых потоков и конечной продукции отрасли и рассчитывается по формуле

$$x_i = \sum_{j=1}^n x_{ij} + y_i, \quad (6.10)$$

где x_{ij} – межотраслевые потоки продукции;

i и j – соответственно номера отраслей производящих и потребляющих;

y_i – конечная продукция i -той отрасли, $i=1, \bar{n}, \quad j=1, \bar{n}$.

Для его вычисления курсор помещаем в ячейку H2 и вызываем функцию СУММ из категории «математические функции». Аргументом являются ячейки первой строки A2:G2, затем копируем формулу в остальные ячейки столбца $X_{отч}$.

Для представления значений $X_{отч}$ в виде вектора-строки используем функцию ТРАНСП. Для этого выделяем диапазон B7:F7, вызываем функцию ТРАНСП и задаем в качестве аргумента массив ячеек H2:H6. Ввод формулы также завершаем нажатием клавиш CTRL+SHIFT+ENTER.

3. Для расчета матрицы A в ячейки J2:N6 ввести формулу =B2:F6/H2:H6. Ввод формулы завершить нажатием клавиш CTRL+SHIFT+ENTER.

4. Создать единичную матрицу E . Для этого в ячейки J8, K9, L10, M11, N12 ввести единицы, в остальные ячейки матрицы – нули.

5. Так как обратную матрицу имеет только невырожденная матрица, необходимо проверить, является ли таковой матрица $(E-A)$. Для расчета определителя в ячейку B10 введем формулу =МОПРЕД(J8:N12-J2:N6). Определитель матрицы $(E-A)$ равен 0,31987, следовательно, данная матрица является невырожденной и имеет обратную матрицу.

6. Выделить ячейки J14:N18. В ячейку J14 ввести формулу =МОБР((J8:N12-J2:N6)), где J8:N12 – диапазон ячеек единичной матрицы, J2:N6 – диапазон ячеек, в которых содержатся коэффициенты прямых затрат. Ввод формулы завершить нажатием клавиш CTRL+SHIFT+ENTER.

Результаты расчетов представлены на рис. 6.3 – 6.5.

Microsoft Excel - книга 1							
Операция	I	II	III	IV	V	Упл	Хотч
I	40	85	22	40	11	118	974
II	24	50	20	30	81	110	111
III	18	36	28	27	77	70	109
IV	24	42	38	36	88	80	110
V	20	17	19	30	90	70	107
Упл	118	110	70	80	70		
Хотч	204	311	230	310	187		
Определить матрицу (Б-А)							
	0,31987						

Матрица А							
0,1346	0,31987	0,07669	0,16785	0,02647			
0,07717	0,16777	0,05383	0,12992	0,10814			
0,07490	0,16655	0,16261	0,11720	0,10087			
0,10695	0,15181	0,12226	0,14618	0,16085			
0,14009	0,09341	0,10440	0,10484	0,10069			
Матрица Е							
Матрица обратная Е-А							
1,27232	0,40646	0,27301	0,41474	0,30172			
0,28162	1,44128	0,20279	0,30923	0,30893	0,40374		
0,20476	0,40375	1,41083	0,40921	0,40921	0,40368		
0,23230	0,40430	0,35402	1,44139	0,47373			
0,27766	0,37122	0,30660	0,40251	1,20148			

Рис. 6.3. Результаты решения примера 6.2

Операция	I	II	III	IV	V	Упл	Хотч
I	40	85	22	40	12	118	=СУММ(B2:G2)
II	24	50	26	40	61	110	=СУММ(B3:G3)
III	18	35	40	27	37	70	=СУММ(B4:G4)
IV	24	42	30	40	58	80	=СУММ(B5:G5)
V	20	17	19	30	90	70	=СУММ(B6:G6)
Упл	=ТРАНСП(G2:G6)	=ТРАНСП(G2:G6)	=ТРАНСП(G2:G6)	=ТРАНСП(G2:G6)	=ТРАНСП(G2:G6)		
Хотч	=ТРАНСП(H2:H6)	=ТРАНСП(H2:H6)	=ТРАНСП(H2:H6)	=ТРАНСП(H2:H6)	=ТРАНСП(H2:H6)		
Определить матрицу (Б-А)							
	=МОБР(ЕD(J8:N12-J2:N6))						

Рис. 6.4. Расчеты в режиме формул

Microsoft Excel - книга 1							
Матрица А							
=B2:F6/H2:H6	=B2:F6/H2:H6	=B2:F6/H2:H6	=B2:F6/H2:H6	=B2:F6/H2:H6	=B2:F6/H2:H6	=B2:F6/H2:H6	=B2:F6/H2:H6
=B2:F6/H2:H6	=B2:F6/H2:H6	=B2:F6/H2:H6	=B2:F6/H2:H6	=B2:F6/H2:H6	=B2:F6/H2:H6	=B2:F6/H2:H6	=B2:F6/H2:H6
=B2:F6/H2:H6	=B2:F6/H2:H6	=B2:F6/H2:H6	=B2:F6/H2:H6	=B2:F6/H2:H6	=B2:F6/H2:H6	=B2:F6/H2:H6	=B2:F6/H2:H6
=B2:F6/H2:H6	=B2:F6/H2:H6	=B2:F6/H2:H6	=B2:F6/H2:H6	=B2:F6/H2:H6	=B2:F6/H2:H6	=B2:F6/H2:H6	=B2:F6/H2:H6
=B2:F6/H2:H6	=B2:F6/H2:H6	=B2:F6/H2:H6	=B2:F6/H2:H6	=B2:F6/H2:H6	=B2:F6/H2:H6	=B2:F6/H2:H6	=B2:F6/H2:H6
Матрица Е							
Матрица обратная Е-А							
=МОБР(J8:N12-J2:N6)	=МОБР(J8:N12-J2:N6)	=МОБР(J8:N12-J2:N6)	=МОБР(J8:N12-J2:N6)	=МОБР(J8:N12-J2:N6)	=МОБР(J8:N12-J2:N6)	=МОБР(J8:N12-J2:N6)	=МОБР(J8:N12-J2:N6)
=МОБР(J8:N12-J2:N6)	=МОБР(J8:N12-J2:N6)	=МОБР(J8:N12-J2:N6)	=МОБР(J8:N12-J2:N6)	=МОБР(J8:N12-J2:N6)	=МОБР(J8:N12-J2:N6)	=МОБР(J8:N12-J2:N6)	=МОБР(J8:N12-J2:N6)
=МОБР(J8:N12-J2:N6)	=МОБР(J8:N12-J2:N6)	=МОБР(J8:N12-J2:N6)	=МОБР(J8:N12-J2:N6)	=МОБР(J8:N12-J2:N6)	=МОБР(J8:N12-J2:N6)	=МОБР(J8:N12-J2:N6)	=МОБР(J8:N12-J2:N6)
=МОБР(J8:N12-J2:N6)	=МОБР(J8:N12-J2:N6)	=МОБР(J8:N12-J2:N6)	=МОБР(J8:N12-J2:N6)	=МОБР(J8:N12-J2:N6)	=МОБР(J8:N12-J2:N6)	=МОБР(J8:N12-J2:N6)	=МОБР(J8:N12-J2:N6)
=МОБР(J8:N12-J2:N6)	=МОБР(J8:N12-J2:N6)	=МОБР(J8:N12-J2:N6)	=МОБР(J8:N12-J2:N6)	=МОБР(J8:N12-J2:N6)	=МОБР(J8:N12-J2:N6)	=МОБР(J8:N12-J2:N6)	=МОБР(J8:N12-J2:N6)

Рис. 6.5. Продолжение расчетов в режиме формул

6.4. Реализация методов решения систем линейных алгебраических уравнений

Зачастую решение различных экономических и инженерных задач сводится к решению системы линейных алгебраических уравнений первой степени. К таким задачам относятся задачи *анализа* (прямого расчета) и *синтеза* (оптимального выбора) процессов и объектов различной природы. Использование функций табличного процессора MS Excel позволит упростить решение систем линейных алгебраических уравнений и сэкономить время на решение задачи.

Систему линейных алгебраических уравнений первой степени можно представить в общем виде:

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n = b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n = b_2 \\ \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n = b_m \end{cases} \quad (6.10)$$

Если рассматривать СЛАУ как совокупность векторов столбцов, то ее можно представить в векторной форме, т.е., если

$$\bar{a}_1 = \begin{pmatrix} a_{11} \\ a_{21} \\ \dots \\ a_{m1} \end{pmatrix}, \bar{a}_2 = \begin{pmatrix} a_{12} \\ a_{22} \\ \dots \\ a_{m2} \end{pmatrix}, \dots, \bar{a}_n = \begin{pmatrix} a_{1n} \\ a_{2n} \\ \dots \\ a_{mn} \end{pmatrix}, \bar{b} = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \dots \\ b_m \end{pmatrix}$$

то

$$\bar{a}_1x_1 + \bar{a}_2x_2 + \dots + \bar{a}_nx_n = \bar{b}. \quad (6.11)$$

Кроме этого, СЛАУ можно представить в матричной форме

$$Ax = b, \quad (6.12)$$

где $A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$ - матрица коэффициентов;

$X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{bmatrix}$ - столбец искоемых неизвестных;

$b = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \dots \\ b_n \end{bmatrix}$ - столбец свободных членов.

Совокупность всех возможных решений системы называется *множеством решений*.

Две системы уравнений называются *эквивалентными*, если обе системы имеют одно и то же множество решений.

Метод решения систем уравнений основан на построении эквивалентной системы, решение которой легко найти непосредственно. Решение этой системы уравнений одновременно является решением исходной системы.

При построении эквивалентных систем можно использовать элементарные операции *двух типов*:

1. Умножение любого уравнения системы на положительное или отрицательное число.
2. Сложение любого уравнения с любым другим уравнением системы, умноженным на константу (положительную, отрицательную или равную нулю).

Применяемые на практике численные методы решения систем линейных уравнений делятся на *два класса*:

- прямые (точные);
- итерационные (приближенные).

В *прямых* методах вычисления ведутся без округлений, и точное решение можно получить за конечное число арифметических операций. *Итерационные* методы дают приближенное решение систем с предварительно заданной точностью [6]. Наиболее просто реализуются в MS Excel прямые методы решения систем линейных алгебраических уравнений, такие как метод Крамера и матричный метод.

Если главный определитель матрицы A не равен 0, то система имеет единственное решение, при этом предполагается, что число уравнений совпадает с количеством неизвестных. Значения независимых переменных x_i ($i=1, 2, \dots, n$) могут быть получены по *формуле Крамера*

$$x_i = \frac{\det A_i}{\det A}, \quad (6.13)$$

где $\det A_i$ – определитель матрицы A_i , образованной из матрицы A заменой i -того столбца столбцом свободных членов;

$\det A$ – главный определитель матрицы A .

Порядок действий для решения системы линейных алгебраических уравнений методом Крамера:

1. Создать матрицу A из коэффициентов уравнений.
2. Найти главный определитель матрицы A . Сделать вывод о возможности/невозможности решения системы уравнений данным методом.
3. Создать матрицы $A_1, A_2, \dots, A_n$, образованные из матрицы A заменой i -того столбца столбцом свободных членов.
4. Найти определители матриц $A_1, A_2, \dots, A_n$.
5. По формуле (5.13) найти значения $x_1, x_2, \dots, x_n$.

Если система линейных уравнений записана в виде матричного уравнения (5.12), то решение такого матричного уравнения сводится к нахождению значений X , удовлетворяющих равенству

$$X = A^{-1} \cdot B. \quad (6.14)$$

Таким образом, решение системы состоит из двух этапов:

1. Нахождение матрицы, обратной основной матрице системы.
2. Умножение полученной обратной матрицы на матрицу-столбец свободных членов.

Так как нахождение обратной матрицы связано с вычислением определителя, то матричным методом можно решать системы, имеющие невырожденную основную матрицу.

Обратные матрицы, как и определители, обычно используются для решения систем уравнений с несколькими неизвестными. Произведение матрицы на ее обратную есть единичная матрица, то есть массив размером $n \times n$, у которого диагональные элементы равны 1, а все остальные элементы равны 0.

Порядок действий для решения системы линейных алгебраических уравнений матричным методом:

1. Создать матрицу A из коэффициентов уравнений.
2. Проверить, является ли данная матрица невырожденной. Для этого найти определитель матрицы A . Если он не равен нулю, то матрица A - невырожденная.
3. Рассчитать обратную матрицу.
4. Найти значения переменных $x_1, x_2, \dots, x_n$ путем умножения обратной матрицы на матрицу-столбец свободных членов системы уравнений.

Пример 6.3

При проведении исследования процесса разрыхления химических волокон были получены следующие данные:

x	0,5	0,55	0,76	0,55	0,44
y	4,14	4,55	26,9	8,99	6,82

где x – частота вращения питающей решетки, мин^{-1} ;

y – эффективность процесса разрыхления, %.

Подобрать для исходных данных аппроксимирующий полином второй степени $y = C_0 + C_1x + C_2x^2$.

Решение

Задача аппроксимации некоторой функции $f(x)$ заключается в приближительной замене исходной функции $f(x)$ обобщенным полиномом $Q(x)$ так, чтобы отклонение функции $f(x)$ от $Q(x)$ на заданном множестве $\{x\}$ было наименьшим. Эту задачу можно решить, подбирая коэффициенты C_j ($j=1, 2, \dots, n$). Найденный полином $Q(x)$ вида

$$Q_n(x) = C_0 + C_1x + \dots + C_nx^n, \quad (6.15)$$

где C_j – постоянные, называется *аппроксимирующим*.

Расчет параметров полинома второго порядка производится по методу наименьших квадратов. Для этого составляется система нормальных уравнений

$$\begin{cases} nC_0 + C_1 \sum x + C_2 \sum x^2 = \sum y \\ C_0 \sum x + C_1 \sum x^2 + C_2 \sum x^3 = \sum xy \\ C_0 \sum x^2 + C_1 \sum x^3 + C_2 \sum x^4 = \sum x^2 y \end{cases} \quad (6.16)$$

Подробнее с методом наименьших квадратов можно ознакомиться в [12].

Если все точки $x_0, x_1, \dots, x_m$ различны и $p \leq m$, то определитель системы (6.16) отличен от нуля, и, следовательно, имеется единственное решение $C_0 = \bar{C}_0, C_1 = \bar{C}_1, \dots, C_n = \bar{C}_n$. Полином (6.15) с коэффициентами $\bar{C}_j$ будет обладать наименьшим квадратичным отклонением $S_{\min}$ от функции $y=f(x)$.

Результаты вычислений при аппроксимировании функций методом наименьших квадратов удобно располагать по специальной схеме. Схема вычислений для $p=2$ (полином второй степени), $m=4$ (пять точек $x_0, x_1, \dots, x_4$) приведена в таблице 6.6.

Таблица 6.6. Схема вычислений для $p=2, m=4$

x^0	x	x^2	x^3	x^4	y	xy	x^2y
1	x_0	x_0^2	x_0^3	x_0^4	y_0	$x_0 y_0$	$x_0^2 y_0$
1	x_1	x_1^2	x_1^3	x_1^4	y_1	$x_1 y_1$	$x_1^2 y_1$
1	x_2	x_2^2	x_2^3	x_2^4	y_2	$x_2 y_2$	$x_2^2 y_2$
1	x_3	x_3^2	x_3^3	x_3^4	y_3	$x_3 y_3$	$x_3^2 y_3$
1	x_4	x_4^2	x_4^3	x_4^4	y_4	$x_4 y_4$	$x_4^2 y_4$
n	$\sum x$	$\sum x^2$	$\sum x^3$	$\sum x^4$	$\sum y$	$\sum xy$	$\sum x^2 y$

Решение

Для решения задачи на листе 1 создаем исходную таблицу. Для этого в ячейки A1:A2 вводим обозначения переменных – x и y , в ячейки B1:F2 – значения, полученные при исследовании технологического процесса.

На свободном месте листа создаем таблицу по указанной схеме вычислений. Для расчета значений столбца x выделить ячейки B5:B9 и ввести формулу =ТРАНСП(B1:F1).

Ввод формулы завершить нажатием клавиш CTRL + SHIFT + ENTER.

Для расчета значений столбца x^2 выделить ячейки C5:C9 и ввести формулу =ТРАНСП(B1:F1)^2.

Ввод формулы завершить нажатием клавиш CTRL + SHIFT + ENTER.

Для расчета значений столбца x^3 выделить ячейки D5:D9 и ввести формулу =ТРАНСП(B1:F1)^3.

Ввод формулы завершить нажатием клавиш CTRL + SHIFT + ENTER.

Для расчета значений столбца x^4 выделить ячейки E5:E9 и ввести формулу =ТРАНСП(B1:F1)^4.

Ввод формулы завершить нажатием клавиш CTRL + SHIFT + ENTER.

Для расчета значений столбца y выделить ячейки F5:F9 и ввести формулу =ТРАНСП(B2:F2).

Ввод формулы завершить нажатием клавиш CTRL + SHIFT + ENTER.

Для расчета значений столбца $xу$ выделить ячейки J5:J9 и ввести формулу =ТРАНСП (В1:F1) * ТРАНСП (В2:F2) .

Ввод формулы завершить нажатием клавиш CTRL + SHIFT + ENTER.

Для расчета значений столбца $x^2у$ выделить ячейки H5:H9 и ввести формулу =ТРАНСП (В1:F1) ^2*ТРАНСП (В2:F2) .

Ввод формулы завершить нажатием клавиш CTRL + SHIFT + ENTER.

Для вычисления значений n , $\sum x$, $\sum x^2$, $\sum x^3$, $\sum x^4$, $\sum y$, $\sum xy$ и $\sum x^2y$ используется функция СУММ. Для этого в ячейку A10 введем формулу =СУММ (A5:A9) .

Скопируем эту формулу в ячейки B10 – H10.

В результате аппроксимации по методу наименьших квадратов были получены значения, представленные на рис. 6.7. Теперь систему уравнений для определения коэффициентов C_j можно представить в виде:

$$\begin{cases} 5C_0 + 2,80C_1 + 1,6262C_2 = 51,40 \\ 2,80C_0 + 1,6262C_1 + 0,9819C_2 = 32,9618 \\ 1,6262C_0 + 0,9819C_1 + 0,6166C_2 = 21,9886 \end{cases} \quad (6.17)$$

Для решения системы линейных алгебраических уравнений с использованием правила Крамера на свободном листе книги создаем матрицу A из коэффициентов при C_0 , C_1 , C_2 . Для ее создания в ячейки A13:A15 вводим формулу =ТРАНСП (A10:C10). Ввод формулы завершается нажатием клавиш CTRL + SHIFT + ENTER. Скопируем эту формулу в ячейки B13:C15.

Матрица A1 образована из матрицы A заменой столбца из коэффициентов при C_0 столбцом свободных членов. Для ее создания в ячейки A18:A20 вводим формулу =ТРАНСП (F10:H10). Ввод формулы завершается нажатием клавиш CTRL + SHIFT + ENTER.

В ячейки B18:B20 вводим формулу =ТРАНСП (B10:D10). Ввод формулы также завершается нажатием клавиш CTRL + SHIFT + ENTER. Скопируем формулу в ячейки C18:C20.

Матрица A2 образована из матрицы A заменой столбца из коэффициентов при C_1 столбцом свободных членов. Ячейки A23:A25 рассчитываются по формуле =ТРАНСП (A10:C10), ячейки B23:B25 – по формуле =ТРАНСП (F10:H10), ячейки C23:C25 – по формуле =ТРАНСП (C10:E10). Ввод каждой формулы завершается нажатием клавиш CTRL + SHIFT + ENTER.

Матрица A3 образована из матрицы A заменой столбца из коэффициентов при C_2 столбцом свободных членов. Ячейки A28:A30 рассчитываются по формуле =ТРАНСП (A10:C10), затем формула копируется в ячейки B28:B30. Ячейки C28:C30 рассчитываются по формуле =ТРАНСП (F10:H10). Ввод каждой формулы также завершается нажатием клавиш CTRL + SHIFT + ENTER.

На свободном месте листа находим определитель матрицы A, используя функцию МОПРЕД из категории математических функций. Для этого в ячейку F13

вводим формулу =МОПРЕД(A13:C15). Так определитель матрицы A отличен от нуля ($\Delta A = 0,00015$), матрица A является невырожденной, следовательно, данную систему линейных уравнений можно решать методом Крамера или матричным методом.

Аналогичным образом находим определители матриц A1, A2, A3.

Значения C_0, C_1, C_2 находим по формулам Крамера:

$$C_0 = \frac{\Delta_1}{\Delta}; C_1 = \frac{\Delta_2}{\Delta}; C_2 = \frac{\Delta_3}{\Delta}, \quad (6.18)$$

где Δ - определитель матрицы A (главный определитель);

$\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3$ - определители матриц A1, A2, A3 соответственно.

Так как при копировании ссылка на определитель матрицы A не должна изменяться, для указания абсолютного адреса этой ячейки используется знак \$.

При решении системы уравнений *матричным методом* в ячейки E19:G21 вводим формулу =МОБР(A13:C15). Ввод формулы завершается нажатием клавиш CTRL + SHIFT + ENTER. Это позволит сформировать матрицу B, обратную матрице A, составленной из коэффициентов уравнений при C_0, C_1, C_2 .

Значения C_0, C_1, C_2 рассчитываются как результат умножения обратной матрицы на матрицу-столбец, составленную из свободных членов системы уравнений.

Для расчета значений C_0, C_1, C_2 в ячейки I19:I21 ввести формулу =МУМНОЖ(E19:G21;ТРАНСП(F10:H10)). Ввод формулы завершить нажатием клавиш CTRL + SHIFT + ENTER. Здесь E19:G21 – ячейки, в которых содержатся значения элементов обратной матрицы; F10:H10 – ячейки, в которых содержатся значения свободных членов системы. Функция ТРАНСП изменяет ориентацию массива свободных членов с матрицы-строки на матрицу-столбец.

Из решения, представленного на рис. 6.7, видно, что значения C_0, C_1, C_2 , полученные методами Крамера и обратной матрицы, совпали.

Для проверки решения подставляем полученные значения C_j в систему.

Здесь A10:C10, B10:D10, C10:E10, F10:H10 – ссылки на массивы коэффициентов при C_0, C_1, C_2 и столбец свободных членов b. Функция ТРАНСП позволяет изменить ориентацию значений из горизонтального положения в таблице вычислений на вертикальное.

	x0	x1	x2	x3	x4	y	x5
1	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)
2	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)
3	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)
4	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)
5	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)
6	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)
7	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)
8	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)
9	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)
10	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)
11	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)
12	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)
13	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)
14	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)
15	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)
16	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)
17	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)
18	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)
19	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)
20	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)
21	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)	=ТРАНСП(B1:F1)

Рис. 6.6. Аппроксимация по методу наименьших квадратов в режиме формул

Microsoft Excel - книга 1									
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	x	0.5	0.45	0.75	0.55	0.44			
2	y	4.14	4.55	26.5	8.59	8.82			
3									
4	x0	x	y0	y	x1	x2	x3		
5	1	0.50	0.250	0.125	0.063	4.14	2.070	1.035	
6	1	0.55	0.303	0.156	0.082	4.55	2.275	1.137	
7	1	0.75	0.578	0.439	0.334	26.50	20.444	14.537	
8	1	0.55	0.303	0.156	0.082	8.59	4.044	2.719	
9	1	0.44	0.184	0.085	0.037	8.82	3.001	1.320	
10	1	2.80	1.626	0.982	0.617	51.40	32.982	21.989	
11									
12	A				Средний А		Поправку Коэффици		
13	5.000	2.800	1.626		Средний А		C1	80.705	
14	2.800	1.626	0.982		Средний А		C2	304.123	
15	1.626	0.982	0.617		Средний А		C3	307.108	
16					Средний А		C4		
17	A1				Матричный метод				
18	51.400	2.800	1.626						
19	32.982	1.626	0.982						
20	21.989	0.982	0.617						
21									
22	A2				Проверка				
23	5.000	51.400	1.626		e1	x1	e2	x2	e3
24	2.800	32.982	0.982		5.000	80.705	2.800	304.123	1.626
25	1.626	21.989	0.617		2.800	80.705	1.626	304.123	0.982
26					1.626	80.705	0.982	304.123	0.617
27	A3				b	x3	b	Полученные	
28	5.000	2.800	51.400					51.400	
29	2.800	1.626	32.982					32.982	
30	1.626	0.982	21.989					21.989	

Рис. 6.7. Результаты аппроксимации процесса разрыхления

Microsoft Excel - книга 1									
A									
19	=TRANСП(A10:C10)	=TRANСП(B10:D10)	=TRANСП(C10:E10)						
20	=TRANСП(A10:C10)	=TRANСП(B10:D10)	=TRANСП(C10:E10)						
21	=TRANСП(A10:C10)	=TRANСП(B10:D10)	=TRANСП(C10:E10)						
A1									
19	=TRANСП(F10:H10)	=TRANСП(B10:D10)	=TRANСП(C10:E10)						
20	=TRANСП(F10:H10)	=TRANСП(B10:D10)	=TRANСП(C10:E10)						
21	=TRANСП(F10:H10)	=TRANСП(B10:D10)	=TRANСП(C10:E10)						
A2									
19	=TRANСП(A10:C10)	=TRANСП(F10:H10)	=TRANСП(C10:E10)						
20	=TRANСП(A10:C10)	=TRANСП(F10:H10)	=TRANСП(C10:E10)						
21	=TRANСП(A10:C10)	=TRANСП(F10:H10)	=TRANСП(C10:E10)						
A3									
19	=TRANСП(A10:C10)	=TRANСП(B10:D10)	=TRANСП(F10:H10)						
20	=TRANСП(A10:C10)	=TRANСП(B10:D10)	=TRANСП(F10:H10)						
21	=TRANСП(A10:C10)	=TRANСП(B10:D10)	=TRANСП(F10:H10)						

Рис. 6.8. Матрицы A, A1, A2, A3 в режиме формул

Microsoft Excel - книга_1									
По правилу Крамера									
12	Определитель A	=МОПРЕД(A3:C15)							
13	Определитель A1	=МОПРЕД(A3:C15)							
14	Определитель A2	=МОПРЕД(A3:C15)							
15	Определитель A3	=МОПРЕД(A3:C15)							
Матричный метод									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
Проверка									
22	x1	x1	x2	x2	x3	x3	b	Полученный результат	
23	=ТРАНСП(A10:C10)	=B12	=ТРАНСП(A10:B10)	=B14	=ТРАНСП(C10:B10)	=B16	=ТРАНСП(C10:B10)	=B2*B2+B3*B3+B4*B4	
24	=ТРАНСП(A10:C10)	=B12	=ТРАНСП(A10:B10)	=B14	=ТРАНСП(C10:B10)	=B16	=ТРАНСП(C10:B10)	=B2*B2+B3*B3+B4*B4	
25	=ТРАНСП(A10:C10)	=B12	=ТРАНСП(A10:B10)	=B14	=ТРАНСП(C10:B10)	=B16	=ТРАНСП(C10:B10)	=B2*B2+B3*B3+B4*B4	

Рис. 6.9. Продолжение расчетов в режиме формул

Таким образом, аппроксимирующий полином имеет вид

$$Q_n(x) = 79,18 - 298,99x + 302,96x^2. \quad (6.19)$$

6.5. Задания для самостоятельной работы

Ниже приведены варианты задач для самостоятельного решения. Рекомендуется произвести математическую постановку решения задачи в виде системы линейных алгебраических уравнений вида

$$Ax = b, \quad (6.20)$$

где $A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{bmatrix}$ - матрица коэффициентов;

$X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{bmatrix}$ - столбец искомых неизвестных;

$b = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \end{bmatrix}$ - столбец свободных членов.

Решение систем линейных алгебраических уравнений произвести одним из способов, описанных выше.

Пример решения задачи из варианта 1 представлен в приложении В.

Вариант 1. Швейное предприятие изготавливает женские костюмы на 4 потоках, причем в одном потоке пошивается 4 вида изделий. Мощность каждого потока составляет 89, 196, 330 и 117 единиц в смену соответственно. Соотношение выпуска по моделям представлено в таблице 6.7. Определить, сколько женских костюмов каждого вида изготавливается на каждом потоке.

Таблица 6.7. Соотношение выпуска по моделям

Поток/Модель	А	Б	В	Г	Мощность потока в смену, ед./см.
1	1	2	2	1	89
2	3	1	5	5	196
3	7	5	4	9	330
4	3	2	1	3	117
Количество изделий	x_1	x_2	x_3	x_4	

Соотношение выпуска по моделям, m_i – отношение количества моделей определенного вида к общему выпуску изделий на потоке.

Например, если обрабатывается 3 модели А, Б, В, их выпуск составляет 180 единиц, 90 единиц и 90 единиц соответственно, а общая мощность потока – 360 единиц в смену, то соотношение выпуска по моделям для модели А равно 2, для модели Б – 1, для модели В – 1. Т.е. из 4 единиц 2 изделия относятся к виду А, 1 – к Б, 1 – к В.

Вариант 2. Швейное предприятие изготавливает женские плащи на 4 потоках, причем в одном потоке пошивается 4 вида изделий. Мощность каждого потока составляет 79, 61, 84 и 109 единиц соответственно. Соотношение выпуска по моделям представлено в таблице 6.8.

Соотношение выпуска по моделям, m_i – отношение количества моделей определенного вида к общему выпуску изделий на потоке.

Например, если обрабатывается 3 модели А, Б, В, их выпуск составляет 180 единиц, 90 единиц и 90 единиц соответственно, а общая мощность потока – 360 единиц в смену, то соотношение выпуска по моделям для модели А равно 2, для модели Б – 1, для модели В – 1. Т.е. из 4 единиц 2 изделия относятся к виду А, 1 – к Б, 1 – к В.

Определить, сколько женских плащей каждого вида изготавливается на каждом потоке.

Таблица 6.8. Соотношение выпуска по моделям

Поток/Модель	А	Б	В	Г	Мощность потока в смену, ед./см.
1	1	2	3	2	79
2	1	1	2	3	61
3	3	1	1	2	84
4	2	3	2	4	109
Количество изделий	x_1	x_2	x_3	x_4	

Вариант 3. Для перевооружения 4 цехов предприятие закупает оборудование 4 видов в количестве x_1, x_2, x_3 и x_4 шт. каждого вида. Общая стоимость перевооружения каждого цеха составляет 89, 181, 161 и 54 млн. рублей соответственно.

Стоимость единицы оборудования (млн. руб.) каждого вида представлена в таблице 6.9. Найти количество оборудования каждого вида, закупаемого предприятием для перевооружения.

Таблица 6.9. Стоимость единицы оборудования по видам (млн. руб.)

Цех/Вид оборудования	1	2	3	4	Общая стоимость перевооружения, млн. руб.
1	5	4	1	3	89
2	17	2	8	7	181
3	1	3	10	7	161
4	2	1	3	2	54
Количество оборудования	x_1	x_2	x_3	x_4	

Вариант 4. Для перевооружения 4 цехов предприятие закупает оборудование 4 видов в количестве x_1, x_2, x_3 и x_4 шт. каждого вида. Общая стоимость перевооружения каждого цеха составляет 76, 71, 60 и 55 млн. рублей соответственно.

Стоимость единицы оборудования (млн. руб.) каждого вида представлена в таблице 6.10. Найти количество оборудования каждого вида, закупаемого предприятием для перевооружения.

Таблица 6.10. Стоимость единицы оборудования по видам (млн. руб.)

Цех/Вид оборудования	1	2	3	4	Общая стоимость перевооружения, млн. руб.
1	3	2	3	2	76
2	3	1	3	2	71
3	2	4	1	2	60
4	2	1	3	1	55
Количество оборудования	x_1	x_2	x_3	x_4	

Вариант 5. Предприятие производит 4 вида изделий в количестве x_1, x_2, x_3 и x_4 шт. соответственно.

Для производства этих изделий используется сырье 4 видов. Известно, что для выполнения плана было израсходовано сырья первого вида в количестве 64 кг, сырья второго вида – 122 кг, третьего вида – 80 кг, четвертого вида – 31 кг. Нормы расхода на изделие по каждому виду сырья представлены в таблице 6.11.

Определить количество изделий каждого вида.

Таблица 6.11. Нормы расхода на изделие по каждому виду сырья, кг.

Сырье/Изделие	1	2	3	4	Общий расход сырья, кг
1	1	1	3	5	65
2	2	18	0	5	122
3	1	5	2	6	80
4	0	3	1	2	31
Количество изделий	x_1	x_2	x_3	x_4	

Вариант 6. Предприятие производит 4 вида изделий в количестве x_1 , x_2 , x_3 и x_4 шт. соответственно.

Для производства этих изделий используется сырье 4 видов. Известно, что для выполнения плана было израсходовано сырья первого вида в количестве 89 кг, сырья второго вида – 93 кг, третьего вида – 73 кг, четвертого вида – 65 кг. Нормы расхода на изделие по каждому виду сырья представлены в таблице 6.12.

Определить количество изделий каждого вида.

Таблица 6.12. Нормы расхода на изделие по каждому виду сырья, кг.

Сырье/Изделие	1	2	3	4	Общий расход сырья, кг
1	4	1	0	1	89
2	1	3	4	0	93
3	0	3	2	4	73
4	1	2	1	3	65
Количество изделий	x_1	x_2	x_3	x_4	

Вариант 7. Фирма закупила текстильные материалы 4 видов по розничной цене x_1 , x_2 , x_3 и x_4 тыс. руб. за метр соответственно. Общая сумма каждого из 4 заказов составил 91, 116, 79 и 22 тыс. руб. соответственно.

Объем (в погонных метрах) каждого заказа по видам материалов представлен в таблице 6.13. Определить розничную цену каждого вида материалов.

Таблица 6.13. Объем (п. м.) каждого заказа по видам материалов

Заказ/ Вид изделия	1	2	3	4	Общая сумма заказа, тыс. руб.
1	1	12	3	5	91
2	2	18	0	5	116
3	1	5	2	6	79
4	0	3	1	2	22
Цена, тыс. руб.	x_1	x_2	x_3	x_4	

Вариант 8. Фирма закупила текстильные материалы 4 видов по розничной цене x_1 , x_2 , x_3 и x_4 тыс. руб. за метр соответственно. Общая сумма каждого из 4 заказов составила 106, 262, 31 и 16 тыс. руб. соответственно.

Объем (в погонных метрах) каждого заказа по видам материалов представлен в таблице 6.14. Определить розничную цену каждого вида материалов.

Таблица 6.14. Объем (п. м.) каждого заказа по видам материалов

Заказ/ Вид изделия	1	2	3	4	Общая сумма заказа, тыс. руб.
1	4	7	5	5	106
2	14	24	6	5	262
3	0	1	4	2	31
4	2	3	1	0	34
Цена 1 м текстильного полотна, тыс. руб.	x_1	x_2	x_3	x_4	

Вариант 9. 4 бригады рабочих, каждая из которых состоит из x_1 , x_2 , x_3 и x_4 человека, за 4 дня произвели 18, 49, 28 и 12 изделий соответственно.

Выработка изделий каждым членом бригады по дням работы представлена в таблице 6.15. Определить количество рабочих в каждой бригаде.

Таблица 6.15. Выработка изделий членами бригады по дням работы

День/Бригада	1	2	3	4	Общее количество изделий
1	1	2	4	2	18
2	5	3	9	5	49
3	2	0	10	0	28
4	0	1	3	4	12
Количество рабочих в бригаде	x_1	x_2	x_3	x_4	

Вариант 10. 4 бригады рабочих, каждая из которых состоит из x_1 , x_2 , x_3 и x_4 человека, за 4 дня произвели 31, 48, 27 и 18 изделий соответственно.

Выработка изделий каждым членом бригады по дням работы представлена в таблице 6.16. Определить количество рабочих в каждой бригаде.

Таблица 6.16. Выработка изделий членами бригады по дням работы

День/Бригада	1	2	3	4	Общее количество изделий
1	5	2	1	8	31
2	5	2	1	25	48
3	6	1	2	4	27
4	2	2	1	1	18
Количество рабочих в бригаде	x_1	x_2	x_3	x_4	

ГЛАВА 7. ФИНАНСОВЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ

Помимо функций общего назначения, используемых в основном для автоматизации вычислений, электронные таблицы MS Excel располагают значительным количеством узкоспециализированных функций. Это функции, предназначенные для статистического и финансового анализа, для сложных инженерных расчетов, для работы с базами данных и т.п. Все они сгруппированы в соответствующих категориях, описанных в главе 1.

Несмотря на наличие специализированных банковских и аналитических систем, для проведения финансово-экономических расчетов MS Excel предлагает пользователю значительное количество специальных функций.

В этой главе будут рассмотрены некоторые функции категории «Финансовые», которые составляют основу любых финансово-экономических расчетов. Они нашли широкое применение при анализе финансового состояния предприятий, банков и любых других учреждений, в финансовом менеджменте, в оценке инвестиционных проектов, расчете доходов от ценных бумаг, в решении задач финансово-экономического прогнозирования.

Условно финансовые функции Excel можно разделить на три блока:

- анализ инвестиций (вложений);
- доходы от ценных бумаг (процентные ставки);
- вычисление амортизации.

Прежде чем приступить к изучению финансовых функций в Excel, вкратце рассмотрим простейшие понятия, которые используются в этих функциях. Более глубокое представление о финансово-экономическом анализе можно получить в специальной литературе [5].

С каждым инвестиционным проектом принято связывать *денежный поток* (Cash Flow), элементы которого представляют собой либо чистые оттоки (Net Cash Outflow), либо чистые притоки денежных средств (Net Cash Inflow). Под *чистым оттоком* в k -м году понимается превышение текущих денежных расходов по проекту над текущими денежными поступлениями (при обратном соотношении имеет место чистый *приток*). Денежный поток, в котором притоки следуют за оттоками, называется *ординарным*. Если притоки и оттоки чередуются, денежный поток называется *неординарным*.

Чаще всего анализ денежных потоков ведется по годам, хотя это ограничение не является обязательным. Анализ можно проводить по равным периодам любой продолжительности (месяц, квартал, год и др.). При этом, однако, необходимо помнить о сопоставимости величин элементов денежного потока, процентной ставки и длины периода.

Предполагается, что все *вложения* осуществляются в конце года, предшествующего первому году реализации проекта, хотя в принципе они могут осуществляться в течение ряда последующих лет.

Приток (отток) денежных средств относится к концу очередного года.

Коэффициент дисконтирования (либо ставка дисконта, либо норма прибыли альтернативных проектов, либо норма прибыли банковских депозитов), используемый для оценки проектов, должен соответствовать длине периода, заложенного в основу инвестиционного проекта (например, годовая ставка берется только в том случае, если длина периода - год).

7.1. Анализ инвестиций

Инвестиции – долгосрочные вложения частного или государственного капитала в различные отрасли национальной (внутренние инвестиции) или зарубежной (заграничные инвестиции) экономики с целью получения прибыли. Под инвестициями понимают денежные средства; целевые банковские вклады, пай, акции и др. ценные бумаги, технологии, машины и оборудование, лицензии, кредиты, имущественные права, интеллектуальные ценности, вкладываемые в предпринимательские и другие виды деятельности с целью получения прибыли (дохода) и социального эффекта.

Критерии, используемые в анализе инвестиционной деятельности, можно разделить на две группы.

1. Основанные на дисконтированных оценках («динамические» методы):
 - 1.1. Чистая приведенная стоимость – NPV (Net Present Value).
 - 1.2. Индекс рентабельности инвестиций – PI (Profitability Index).
 - 1.3. Внутренняя норма прибыли – IRR (Internal Rate of Return).
 - 1.4. Модифицированная внутренняя норма прибыли – MIRR (Modified Internal Rate of Return).
 - 1.5. Дисконтированный срок окупаемости инвестиций – DPP (Discounted Payback Period).
2. Основанные на учетных оценках («статистические» методы):
 - 2.1. Срок окупаемости инвестиций – PP (Payback Period).
 - 2.2. Коэффициент эффективности инвестиций – ARR (Accounted Rate of Return).

Для инвестиционного анализа могут использоваться такие стандартные функции Excel как ПС – текущий объем вклада; ЧПС – чистая приведенная стоимость; БС – будущее значение вклада, ПЛТ, ПРПЛТ, ОСПЛТ – периодические выплаты по займу, КПЕР – срок выплаты по займу и некоторые другие.

7.1.1. Функция ПС (PV)

Одним из показателей долговременных инвестиций является настоящий (текущий) объем вклада (общая накопленная величина дисконтированных доходов PV), который представляет собой общую сумму будущих платежей.

Предполагаемый доход от вклада должен пересчитываться на настоящее время. Разность между настоящим объемом вклада и ценой инвестиции определяет выгоду вложения денег. Функция ПС возвращает приведенную к текущему моменту стоимость инвестиции. Приведенная стоимость представляет собой общую сумму, которая на настоящий момент равноценна ряду будущих выплат.

Формат

=ПС(ставка; кпер; выплата; бс; тип)

Ставка – процентная ставка за период;

Кпер – общее число периодов выплат годовой ренты;

Выплата – выплата, производимая в каждый период; это значение не может меняться в течение всего периода выплат;

Бс – будущая стоимость, которую нужно достичь после последней выплаты;

Тип – число 0 или 1, обозначающее, когда должна производиться выплата: если в начале периода, тип равен 1, если в конце периода, тип опущен или равен 0.

Пример 7.1

Предположим, имеется инвестиционный проект, в который требуется вложить 24 млн. руб., а доход, получаемый от реализации проекта, составляет 6 млн. руб. в течение 5 лет. Требуется оценить выгодность проекта при банковской ставке 4,5% годовых.

Решение

Разместим исходные данные в ячейках рабочего листа Excel, как показано на рис. 7.1 и воспользуемся функцией ПС (см. рис. 7.2):

=ПС(4,5%; 5; 6000000)

или в терминах ячеек рабочего листа Excel:

=ПС(B5;B4;B3).

В результате вычислений по этой формуле Excel вернет значение – 26339860,47. То есть при этой процентной ставке сумма в 26339860,47 млн. руб. принесет в течение пяти лет доход 30 млн. руб. Так как требуемый вклад составляет всего 24 млн. руб., то инвестиция будет выгодной. Для вывода комментария о выгодности проекта в ячейку B7 внесена формула

=ЕСЛИ(\$B\$2<ABS(B6); "Проект выгоден"; ЕСЛИ(\$B\$2=ABS(B6); "Граничная точка выгодности"; "Проект не выгоден")).

Если бы по условию инвестиции вся сумма 30 млн. руб. получалась бы в конце пятилетнего периода, а не ежегодно по 6 млн. руб., то результат вычисления по формуле (см. рис.7.2)

=ПС(B5;B4;;30000000).

был бы равен -24073531,4 руб. Полученное значение ПС меньше, чем в предыдущем случае, но так как оно больше требуемых 24 млн. руб., то инве-

стиция будет выгодной. Для вывода комментария о выгодности проекта в ячейку В7 внесена формула

=ЕСЛИ(\$B\$2<ABS(C6); "Проект выгоден"; ЕСЛИ(\$B\$2=ABS(C6); "Граничная точка выгодности"; "Проект не выгоден")) .

Знак «минус» в результате указывает на то, что деньги вносятся.

	A	B	C
1	ПС		
2	Вклад	24000000	
3	Доход	6000000	
4	Срок	5	
5	% ставка	4,50%	
6	Объем выплат	-26339860,47	-24073531,40
7	Вывод	Проект выгоден	Проект выгоден

Рис. 7.1 Анализ инвестиций. Результаты расчета

	A	B	C
1	ПС		
2	Вклад	24000000	
3	Доход	6000000	
4	Срок	5	
5	% ставка	0,045	
6	Объем выплат	=ПС(B5;B4;B3)	=ПС(B5;B4;30000000)
7	Вывод	=ЕСЛИ(\$B\$2<ABS(B6); "Проект выгоден", ЕСЛИ(\$B\$2=ABS(B6); "Граничная точка выгодности", ЕСЛИ(\$B\$2>ABS(B6); "Проект не выгоден"))	

Рис. 7.2. Анализ инвестиций. Формулы

В реальной ситуации чаще приходится решать несколько другую задачу: оценивать реальную стоимость проекта на основе предполагаемых доходов, под определенные банковские ставки, сравнивать ее с запрашиваемыми инвестициями и делать вывод о дополнительной прибыльности. Поэтому при анализе инвестиций максимальный интерес представляет вариант граничной выгодности проекта. Желательно знать значение реальной дополнительной выгоды для вкладчика на основе сравнения граничной стоимости проекта и суммы запрашиваемых инвестиций. Эта задачу легко решить при помощи, например, команды *Подбор параметра* из меню *Сервис*.

Проанализируем данные примера 7.1 и определим ту сумму первоначальных вложений, при использовании которой инвестиции можно считать выгодными. Очевидно, что условием граничной выгодности проекта является равенство нулю текущего значения вклада, то есть вариант, когда предположительно вкладываемая сумма равна реальной расчетной стоимости проекта. В рассмотренном примере предполагаемая сумма инвестиций в 24 млн. руб. взята как бы случайно, а реальная стоимость проекта, рассчитанная функцией ПС, в первом случае –26339860,47 руб., а во втором –24073531,4 руб. То есть в обоих случаях вложения выгодны. А если предположить первоначальные инвестиции в 26 или

35 млн. руб. или изменить банковскую ставку? Насколько такие варианты проекта будут выгодны? Очевидно, что случайный подбор значений здесь неуместен, а необходим четкий анализ. Попробуем рассчитать сумму граничных первоначальных вложений, например, при разных банковских ставках.

Разместим исходные данные в ячейках H2:I6 рабочего листа Excel для варианта с процентной ставкой 4,5 % и в ячейках K2:L6 для варианта с процентной ставкой 6 %, как показано на рис. 7.3, Решим задачу для внесенных исходных данных. Любое отличное от нуля значение текущего объема вклада, рассчитанное в ячейке I6 ($=\text{ПС}(\text{I5}; \text{I4}; \text{I3}) - \text{I2}$), показывает разность между реальной стоимостью проекта и требуемым вкладом, а полученное отрицательное значение, равное 2339860,47 руб., говорит о том, что реальная стоимость этого проекта выше и составляет $24000000 + 2339860,47 = 26339860,47$ руб. Реальная стоимость второго варианта соответственно равна $24000000 + 1274182,71 = 25274182,71$ руб. (знак «минус» указывает, что деньги вносятся).

L6		=ПС(L5;L4;L3)-L2
1	ПС (подбор параметра)	
2	Вклад	-24000000
3	Доход	6000000
4	Срок	5
5	% ставка	4,50%
6	Текущий объем вклада	-2339860,47

L6		=ПС(L5;L4;L3)-L2
1	ПС (подбор параметра)	
2	Вклад	-24000000
3	Доход	6000000
4	Срок	5
5	% ставка	6,00%
6	Текущий объем вклада	-1274182,71

Рис. 7.3 Расчет текущей стоимости проектов

Получим реальную стоимость проекта сразу при помощи инструмента *Подбор параметра*. Рассмотрим первый вариант.

- Сделаем активной ячейку с формулой (I6).
- В меню *Сервис* выберем команду *Подбор параметра*. В диалоговом окне *Подбор параметра* в поле «Установить в ячейке» оставим без изменения абсолютную ссылку на ячейку I6. В поле «Значение» внесем 0, то есть граничное значение функции, при котором проект выгоден. В поле «Изменяя значение ячейки» введем ссылку на ячейку I2 (см. рис.7.4).

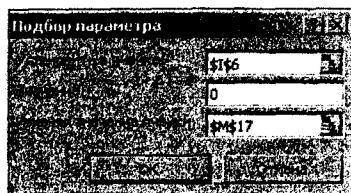
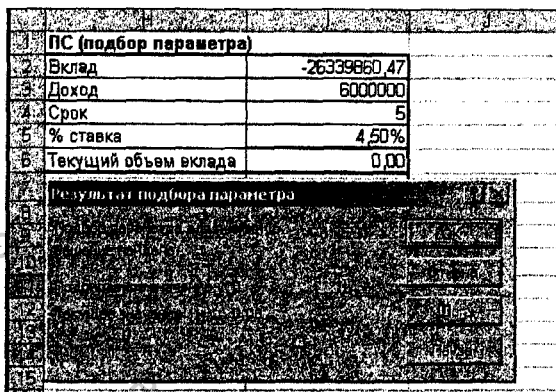


Рис. 7.4 Окно Подбор Параметра

• Подтвердим внесенные команды нажатием клавиши ОК, после чего будет выведено диалоговое окно *Результат подбора параметра*, а в ячейке I2 будет выведено значение величины инвестиции, при которой проект станет выгодным (см. рис. 7.5).



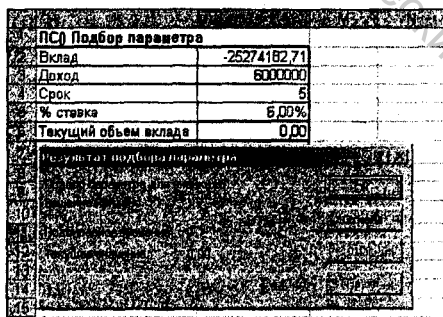
ПС (подбор параметра)	
Вклад	-26339860,47
Доход	6000000
Срок	5
% ставка	4,50%
Текущий объем вклада	0,00

Рис. 7.5 Результаты расчета граничного размера вклада (ставка 4,5 %)

• Для сохранения результата нужно нажать кнопку ОК, для восстановления исходного значения – кнопку Отмена.

Повторим те же действия для инвестиций в проект при банковской ставке 6% (см. рис. 7.6).

Таким образом, граничный размер вклада по первому варианту равен 26339860,47 руб., по второму –25274182,71 руб. Значение текущего объема вклада (рис.7.3) дает представление о дополнительной выгоде для инвестора. Окончательное решение по инвестированию проекта остается за инвестором.



ПС Подбор параметра	
Вклад	-25274182,71
Доход	6000000
Срок	5
% ставка	6,00%
Текущий объем вклада	0,00

Рис. 7.6 Результаты расчета граничного размера вклада (ставка 6%)

7.1.2. Функция ЧПС (NPV)

Метод расчета чистого текущего значения вклада (или, иначе говоря, чистой приведенной стоимости инвестиционного проекта), заложенный в этой функции, основан на сопоставлении величины исходной инвестиции (IC) с общей суммой дисконтированных чистых денежных поступлений, генерируемых ею в течение прогнозируемого срока. Поскольку приток денежных средств распределен во времени, он дисконтируется с помощью коэффициента r , устанавливаемого аналитиком (инвестором) самостоятельно, исходя из ежегодного процента возврата, который он хочет или может иметь на инвестируемый им капитал.

Допустим, делается прогноз, что инвестиция (IC) будет генерировать в течение n лет годовые доходы в размере $P_1, P_2, \dots, P_n$. Общая накопленная величина дисконтированных доходов (PV) и чистый приведенный эффект (NPV) соответственно рассчитываются по формулам

$$PV = \sum_k \frac{P_k}{(1+r)^k},$$
$$NPV = \sum_k \frac{P_k}{(1+r)^k} - IC \quad (7.1)$$

Очевидно, что если $NPV > 0$, то проект следует принять; $NPV < 0$, то проект следует отвергнуть; $NPV = 0$, то проект ни прибыльный, ни убыточный.

Если проект предполагает не разовую инвестицию, а последовательное инвестирование финансовых ресурсов в течение m лет, то формула для расчета NPV модифицируется следующим образом:

$$NPV = \sum_{k=1}^n \frac{P_k}{(1+r)^k} - \sum_{j=1}^m \frac{IC_j}{(1+i)^j}, \quad (7.2)$$

где i — прогнозируемый средний уровень инфляции.

Расчет с помощью приведенных формул вручную достаточно трудоемок, поэтому для удобства применения этого и других методов, основанных на дисконтированных оценках, разработаны специальные статистические таблицы, в которых табулированы значения сложных процентов, дисконтирующих множителей, дисконтированного значения денежной единицы и т. п. в зависимости от временного интервала и значения коэффициента дисконтирования.

Использование функции ЧПС позволяет упростить эту задачу, следует лишь правильно задать ее аргументы.

Формат

ЧПС(ставка; значение1; значение2; ...; значение29)

Фактическое число аргументов периодических выплат может быть более 29, если использовать массивы данных.

Функция ЧПС отличается от функции ПС тем, что в функции ЧПС периодические выплаты могут быть различными; платежи (поступления) функции ПС

допускаются как в начале, так и в конце периода, а в функции ЧПС все выплаты производятся равномерно в конце периода. Если первый вклад вносится заранее в начале периода, то он исключается из аргументов функции ЧПС и добавляется к возвращаемому результату. Если же вклад выплачивается в конце первого периода, то он задается отрицательным первым аргументом.

Пример 7.2

Требуется проанализировать инвестиционный проект со следующими характеристиками: предварительный вклад 175 млн. руб.; ожидаемые доходы по годам 30 млн. руб., 70 млн. руб., 70 млн. руб., 45 млн. руб.; цена капитала 12%.

Решение

Разместим исходные данные в ячейках A11:B16 рабочей книги MS Excel и используем функцию ЧПС:

ЧПС (12%; 30000000; 70000000; 70000000; 45000000) - 175000000.

Или в терминах ячеек рабочего листа Excel (см. рисунки 7.7 и 7.8):

=ЧПС(B16;B12:B15)-B11.

B17	=ЧПС(B16;B12:B15)-B11
ЧПС	
Вклад	175000000
Доход 1 год	30000000
Доход 2 год	70000000
Доход 3 год	70000000
Доход 4 год	45000000
% ставка	12%
Результат	-13 987 783,41р.
Вывод	Проект не выгоден

Рис.7.7 Анализ инвестиционного проекта. Расчеты

ЧПС	
Вклад	175000000
Доход 1 год	30000000
Доход 2 год	70000000
Доход 3 год	70000000
Доход 4 год	45000000
% ставка	0,12
Результат	=ЧПС(B16;B12:B15)-B11
Вывод	=ЕСЛИ(B17>0,"Проект выгоден","Проект не выгоден")

Рис.7.8 Анализ инвестиционного проекта. Формулы

Полученный результат -13987783,41 руб. свидетельствует о том, что данный проект невыгоден. Отрицательное значение формулы означает, что реальная стоимость проекта ниже запрашиваемой на 13987783,41 руб. Интерес, как

уже говорилось выше, представляет случай, когда $NPV=0$, то есть граничная точка выгоды или невыгоды проекта. Для величины начального вклада, при котором проект станет выгодным, воспользуемся командой *Подбор параметра*, как для примера 7.1 (см. раздел 7.1.1). Как показано на рис.7.7, исходные данные для анализа расположены в ячейках A11: B16 рабочего листа Excel. Введем значения аргументов диалогового окна «Подбор параметра».

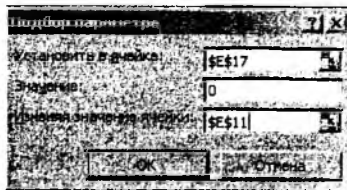


Рис.7.9 Диалоговое окно «Подбор параметра»

Подтвердим внесенные команды нажатием клавиши OK, после чего будет выведено диалоговое окно *Результат подбора параметра*, а в ячейке E11 будет выведено значение величины инвестиции, при которой проект станет выгодным (см. рис. 7.10).

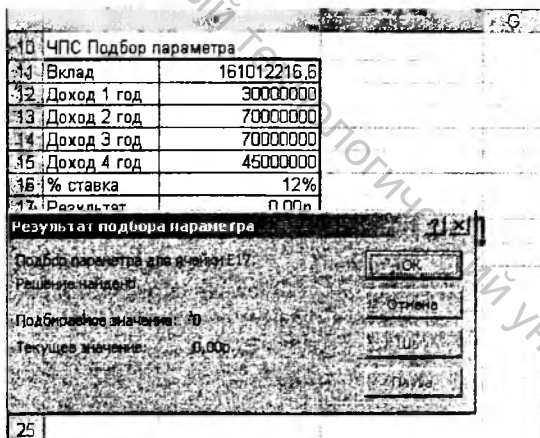


Рис.7.10. Результаты расчета граничного размера вклада

При расчете NPV, как правило, используется постоянная ставка дисконтирования, однако в зависимости от обстоятельств, например, ожидается изменение уровня процентных ставок, ставка дисконтирования может дифференци-

роваться по годам. Если в ходе расчетов применяются различные ставки дисконтирования, то, во-первых, формулы (7.1) и (7.2) неприменимы и, во-вторых, проект, приемлемый при постоянной ставке дисконтирования, может стать неприемлемым. Таким образом, если предположить, что банковская ставка будет меняться по годам, что достаточно вероятно, значение показателя NPV следует рассчитывать по другим методикам [7], [8]. Функцию ЧПС в этом случае использовать нельзя.

Необходимо отметить, что результат, возвращаемый функцией ЧПС (показатель NPV) отражает *прогнозную* оценку изменения экономического потенциала предприятия в случае принятия рассматриваемого проекта. Этот показатель аддитивен во временном аспекте, т. е. NPV различных проектов можно суммировать. Это очень важное свойство, выделяющее этот критерий из всех остальных и позволяющее использовать его в качестве основного при анализе оптимальности инвестиционного портфеля.

7.1.3. Функция БС (FV)

Возвращает будущее значение вклада на основе периодических постоянных платежей и постоянной процентной ставки. Будущее значение является величиной, противоположной настоящему объему вклада.

Расчет будущего значения вклада на основе постоянных периодических выплат или единовременной выплаты обычно выполняется в два этапа: сначала по формуле 7.3 рассчитывается коэффициент наращивания вклада:

$$= (1 + \% \text{ ставка})^{\text{срок вклада}} \quad (7.3)$$

Затем по формуле 7.4 определяется будущее значение (БЗ) вклада:

$$\text{БЗ вклада} = \text{Размер вклада} * \text{Коэффициент наращивания} \quad (7.4)$$

Функция БС объединяет в себе расчет этих двух значений и в качестве результата возвращает будущее значение вклада.

Формат

БС(ставка; кпер; выплата; пс; тип)

Ставка – процентная ставка за период.

Кпер – общее число периодов платежей по аннуитету.

Плт – это выплата, производимая в каждый период; это значение не может меняться в течение всего периода выплат. Обычно плт состоит из основного платежа и платежа по процентам, но не включает других налогов и сборов. Если аргумент опущен, должно быть указано значение аргумента пс.

Пс – это приведенная к текущему моменту стоимость или общая сумма, которая на текущий момент равноценна ряду будущих платежей. Если аргумент пс опущен, то он полагается равным 0. В этом случае должно быть указано значение аргумента плт.

Тип – число 0 или 1, обозначающее, когда должна производиться выплата. Если данный аргумент опущен, то он полагается равным 0.

Пример 7.3

Предположим, что известен размер вклада, который будет помещен на определенный срок под заданный процент. Требуется вычислить коэффициент наращивания (т.е. значение, показывающее, во сколько раз вырастет вклад за указанный срок) и сумму выплат в конце периода. Проведем а) расчет с использованием формул; б) расчет с использованием функции БС.

Разместим исходные данные в ячейках A22:C25 рабочего листа Excel (см. рис.7.11). В ячейках B26 и C26 выполним расчеты коэффициентов наращивания для вклада размером 1500000 руб. и для вклада размером 2000000 руб. по формуле (7.3). В ячейках B28 и C28 выполним расчеты будущего значения вклада для вклада размером 1500000 руб. и для вклада размером 2000000 руб. по формуле (7.4). Те же расчеты можно выполнить и с помощью функции БС. Составим ее:

Для вклада в 1500000 руб.:

- без постоянных периодических выплат: =БС(5%; 10; 0; -1500000);
- с постоянными периодическими выплатами (взносами) в размере 500000 руб. ежегодно: = БС(5%; 10; -500000; -1500000).

Для вклада в 2000000 руб.:

- без постоянных периодических выплат: =БС(10%; 3; 0; -2000000);
- с постоянными периодическими выплатами (взносами) в размере 500000 руб. ежегодно: = БС(10%; 3; -1000000; -2000000).

На рисунках 7.11 и 7.12 приведены результаты расчетов и формулы в терминах ячеек рабочего листа Excel.

В обеих формулах БС значение последнего аргумента тип опущено. Это значит, что выплаты (в рассматриваемом расчете взносы) осуществлялись в конце каждого года. Если задать этот аргумент равным 1, то есть производить выплаты (взносы) в начале каждого года, то результат будет больше.

22	БС		
23	Размер вклада, руб.	1500000	2000000
24	Срок вклада, лет	10	3
25	Процентная ставка	5%	10%
26	Ежегодный взнос, руб.	500000	1000000
27	К-т наращивания	1,628894627	1,331
28	Сумма выплат, руб.	2443341,94	2662000
29	БЗ(без взносов)	2 443 341,94р.	2 662 000,00р.
30	БЗ(со взносами)	8 732 288,21р.	5 972 000,00р.

Рис.7.11. Расчет будущего значения вклада. Результаты

	A	B	C
21	БС		
22	Размер вклада, руб.	1500000	2000000
23	Срок вклада, лет	10	3
24	Процентная ставка	0,05	0,1
25	Ежегодный взнос, руб.	500000	1000000
26	К-т наращивания	$=(1+B24)^{B23}$	$=(1+C24)^{C23}$
27			
28	Сумма выплат, руб.	$=B22*B26$	$=C22*C26$
29	БЗ(без взносов)	$=BC(B24;B23;0;-B22)$	$=BC(C24;C23;0;-C22)$
30	БЗ(со взносами)	$=BC(B24;B23;-B25;-B22)$	$=BC(C24;C23;-C25;-C22)$

Рис.7.12. Расчет будущего значения вклада. Формулы

7.1.4. Функция ПЛТ (PMT)

Функция ПЛТ рассчитывает постоянные периодические выплаты при возврате займа в течение определенного периода.

Формат

=ПЛТ(ставка; кпер; пс; бс; тип)

Ставка – процентная ставка по ссуде.

Кпер – общее число выплат по ссуде.

Пс – приведенная к текущему моменту стоимость или общая сумма, которая на текущий момент равноценна ряду будущих платежей, называемая также основной суммой.

Бс – требуемое значение будущей стоимости или остатка средств после последней выплаты. Если аргумент бс опущен, то он полагается равным 0.

Тип – число 0 (нуль) или 1, обозначающее, когда должна производиться выплата.

Пример 7. 4

Пусть взят кредит на строительство жилья в сумме 15 млн. руб. на 6 лет под годовую банковскую ставку 14%. Требуется рассчитать ежемесячные выплаты для возврата долга.

Решение

Поместим исходные данные для расчета в ячейки A44:B46 рабочего листа Excel (см. рис. 7.13) и составим функцию ПЛТ

=ПЛТ(14%/12; 6*12; 15000000)

и получим результат -309086,09. Отрицательное значение говорит о том, что деньги надо отдать.

На рисунке 7.14 можно просмотреть формулы в терминах ячеек рабочего листа Excel.

7.1.5. Функция ПРПЛТ (IMPT)

Эта функция возвращает платежи по процентам за текущий период на основе постоянных периодических выплат и постоянной процентной ставки.

Формат

ПРПЛТ (ставка; период; кпер; пс; бс; тип).

Аргументы функции ПРПЛТ аналогичны аргументам функции ПЛТ.

Пример 7.5

Рассчитать выплаты по процентам за первый месяц, второй месяц и последний месяц шестилетнего периода для исходных данных примера 7.4 с кредитом в 15 млн. руб. на 6 лет при годовой ставке 14%.

Решение

Рассчитаем выплаты по процентам за первый месяц, второй месяц и последний месяц шестилетнего периода. Для этого составим формулы с использованием функции ПРПЛТ.

Выплата по процентам за первый месяц периода:

=ПРПЛТ (14%/12; 1; 6*12; 15000000). Результат – 175000 руб.

Выплата по процентам за второй месяц периода

=ПРПЛТ (14%/12; 2; 6*12; 15000000). Результат – 173435,66 руб.

Выплата по процентам за последний месяц периода

=ПРПЛТ (14%/12; 6*12; 6*12; 15000000). Результат – 3564,42 руб.

На рисунке 7.14 представлены формулы в терминах ячеек рабочего листа Excel.

7.1.6. Функция ОСПЛТ (PPMT)

Эта функция рассчитывает величину основного платежа по займу на основе постоянных периодических выплат и постоянной процентной ставки.

Формат

ОСПЛТ (ставка; период; кпер; пс; бс; тип)

Аргументы функции ОСПЛТ аналогичны аргументам функции ПЛТ.

Пример 7.6

Рассчитать величину основного платежа за первый месяц, второй месяц и последний месяц шестилетнего периода для исходных данных примера 7.4.

Решение

Для этого составим формулы с использованием функции ОСПЛТ.

Основная выплата за первый месяц периода:

=ОСПЛТ (14%/12; 1; 6*12; 15000000). Результат – 134086,09 руб.

Основная выплата за последний месяц периода:

=ОСПЛТ(14%/12; 6*12; 6*12; 15000000) . Результат – 305521,67 руб.

На рисунке 7.14 представлены формулы в терминах ячеек рабочего листа Excel. Нетрудно убедиться, что сумма выплаты по процентам и основные выплаты за полный период равны полной величине выплаты, вычисляемой с помощью функции ПЛТ.

43			
44	Кредит	15000000	
45	Срок	6	
46	Банковская ставка	14%	
47		Выплаты по % за:	ПРПЛТ
48	1 месяц	-175 000,00р.	
49	2 месяц	-173 435,66р.	
50	последний месяц	-3 564,42р.	
51		Основной платеж за:	ОСПЛТ
52	1 месяц	-134 066,09р.	
53	2 месяц	-135 650,43р.	
54	последний месяц	-305 521,67р.	
55		Ежемесячная выплата за:	ПЛТ
56	1 месяц	-309 066,09р.	
57	2 месяц	-309 066,09р.	
58	последний месяц	-309 066,09р.	
59	Проверка:	-309 066,09р.	
60		-309 066,09р.	
61		-309 066,09р.	

Рис.7.13. Расчет выплат по кредиту. Результаты

43			
44	Кредит	15000000	
45	Срок	6	
46	Банковская ставка	0,14	
47		Выплаты по % за:	ПРПЛТ
48	1 месяц	=ПРПЛТ(\$B\$46/12;1;\$B\$45*12;\$B\$44)	
49	2 месяц	=ПРПЛТ(\$B\$46/12;2;\$B\$45*12;\$B\$44)	
50	последний месяц	=ПРПЛТ(\$B\$46/12;12*\$B45;\$B\$45*12;\$B\$44)	
51		Основной платеж за:	ОСПЛТ
52	1 месяц	=ОСПЛТ(\$B\$46/12;1;12*\$B\$45;\$B\$44)	
53	2 месяц	=ОСПЛТ(\$B\$46/12;2;12*\$B\$45;\$B\$44)	
54	последний месяц	=ОСПЛТ(\$B\$46/12;12*\$B45;12*\$B\$45;\$B\$44)	
55		Ежемесячная выплата за:	ПЛТ
56	1 месяц	=ПЛТ(\$B\$46/12;12*\$B\$45;\$B\$44)	
57	2 месяц	=ПЛТ(\$B\$46/12;12*\$B\$45;\$B\$44)	
58	последний месяц	=ПЛТ(\$B\$46/12;12*\$B\$45;\$B\$44)	
59	Проверка:	=B49+B52	
60		=B49+B53	
61		=B50+B54	

Рис.7.14. Расчет выплат по кредиту. Формулы

7.2. Доходы от ценных бумаг

Для расчета процентных ставок, представляющих собой доходы от ценных бумаг, можно воспользоваться такими функциями Excel как ВСД, МВСД, СТАВКА.

7.2.1. Функция ВСД (IRR)

Эта функция реализует второй стандартный метод оценки эффективности инвестиционных проектов – метод определения внутренней нормы рентабельности проекта (internal rate of return, IRR), т.е. такой ставки дисконта, при которой значение чистого приведенного дохода равно нулю. Таким образом, рассчитывается такая процентная ставка, при которой текущее значение вклада точно совпадает со стоимостью инвестиции.

Формат

ВСД (значения; прогноз)

Значения – массив или ссылка на ячейки, содержащие числа, для которых требуется подсчитать внутреннюю ставку доходности.

Прогноз – величина, значение которой предполагается близким к результату ВСД.

Смысл расчета этого коэффициента (процентной ставки) при анализе эффективности планируемых инвестиций заключается в следующем: IRR показывает максимально допустимый относительный уровень расходов, которые могут быть ассоциированы с данным проектом. Например, если проект полностью финансируется за счет ссуды коммерческого банка, то значение IRR показывает верхнюю границу допустимого уровня банковской процентной ставки, превышение которого делает проект убыточным. Предприятие может принимать любые решения инвестиционного характера, уровень рентабельности которых не ниже текущего значения показателя цены источника средств для данного проекта (CC). Именно с ним сравнивается показатель IRR, рассчитанный для конкретного проекта, при этом связь между ними такова.

Если $IRR > CC$, то проект следует принять; если $IRR < CC$, то проект следует отвергнуть; если $IRR = CC$, то проект ни прибыльный, ни убыточный.

Практическое применение данного метода осложнено, если в распоряжении аналитика нет специализированного финансового калькулятора. В этом случае применяется метод последовательных итераций с использованием табулированных значений дисконтирующих множителей. Для этого с помощью таблиц выбираются два значения коэффициента дисконтирования $r_1 < r_2$ таким образом, чтобы в интервале (r_1, r_2) функция $NPV=f(r)$ меняла свое значение с «+» на «-» или с «-» на «+». Далее применяют формулу

$$IRR = r_1 + \frac{f(r_1)}{f(r_1) - f(r_2)} \cdot (r_2 - r_1), \quad (7.5)$$

где r_1 – значение табулированного коэффициента дисконтирования, при котором $f(r_1) > 0$ ($f(r_1) < 0$);

r_2 – значение табулированного коэффициента дисконтирования, при котором $f(r_2) < 0$ ($f(r_2) > 0$).

Путем взаимной замены коэффициентов r_1 и r_2 аналогичные условия выписываются для ситуации, когда функция меняет знак с «-» на «+».

Пример 7.7

Рассчитать значение показателя IRR для проекта со сроком реализации 3 года. Стоимость вложений составляет 10 млн. руб., доход в виде чистой ренты составляет 3 млн. руб., 4 млн. руб. и 7 млн. руб. в течение последующих лет при пороговом значении коэффициента дисконтирования $r = 10\%$.

Решение

Разместим исходные данные в ячейках A3:B9 рабочего листа Excel, как показано на рис. 7.15, и составим функцию ВСД:

=ВСД(-10000000; 3000000; 4000000; 7000000) или

=ВСД(B3:B6) для исходных данных в ячейках B3:B6 (см. рис. 7.16).

Функция вернет результат, равный 16%. Поскольку пороговая процентная ставка ниже (10%), этот проект можно считать хорошим вложением средств.

На рис. 7.16 представлен расчет процентной ставки дохода и анализ выгодности проекта в терминах ячеек рабочего листа Excel.

ВСД	
Стоимость	-10000000
Доход 1 год	3000000
Доход 2 год	4000000
Доход 3 год	7000000
Рассчитанная % ставка	16%
Пороговые % ставки	10%
Вывод	Проект выгоден

Рис. 7.15. Расчет процентной ставки дохода. Результаты

ВСД	
Стоимость	-10000000
Доход 1 год	3000000
Доход 2 год	4000000
Доход 3 год	7000000
Рассчитанная % ставка	=ВСД(B3:B6)
Пороговые % ставки	0,1
Вывод	=ЕСЛИ(B7>=B6;"Проект выгоден";"Проект не выгоден")

Рис. 7.16. Расчет процентной ставки дохода. Формулы

7.2.2. Функция СТАВКА (RATE)

Эта функция возвращает норму прибыли (процентную ставку) за один период для инвестиционных операций на основе постоянных периодических выплат или единовременной выплаты.

Формат

СТАВКА(кпер; плата; пс; бс; тип; предположение)

Аргумент плата используется для расчета ставки постоянных периодических выплат, а аргумент бс – общая стоимость, равноценная серии будущих платежей. Если аргумент бс опущен, то он полагается равным 0 (например, бс для займа равно 0).

Пс — приведенная к текущему моменту стоимость или общая сумма, которая на текущий момент равноценна ряду будущих платежей.

Пример 7.8

Рассчитать значение нормы прибыли для проекта со сроком реализации 3 года при стоимости вложений 10 млн. руб. и доходе в виде чистой ренты 5 млн. руб. ежегодно в течение последующих лет при пороговом значении коэффициента дисконтирования $\gamma = 10\%$, основываясь на исходных данных примера 7.7

Решение

Разместим исходные данные в ячейках A12:B17 рабочего листа Excel и составим функцию СТАВКА:

=СТАВКА(3; 5000000; -10000000) или

=СТАВКА(B14;B13;B12) для исходных данных в ячейках B3:B6 (см. рис. 7.17).

Функция вернет результат, равный 23% (ячейка B15). Поскольку пороговая процентная ставка ниже, этот проект можно считать хорошим вложением средств.

На рисунке 7.18 представлен расчет нормы прибыли дохода и анализ выгодности проекта в терминах ячеек рабочего листа Excel.

СТАВКА()	
Стоимость	-10000000
Ежегодный доход	5000000
Срок	3
Рассчетная % ставка	23%
Пороговые % ставки	10%
Вывод	Проект выгоден

Рис. 7.17. Расчет нормы прибыли дохода. Результаты

	A	B
11	СТАВКА()	
12	Стоимость	-10000000
13	Ежегодный доход	5000000
14	Срок	3
15	Рассчетная % ставка	=СТАВКА(B14;B13;B12)
16	Пороговые % ставки	0,1
17	Вывод	=ЕСЛИ(B15>=B16;"Проект выгоден";"Проект не выгоден")

Рис. 7.18. Расчет нормы прибыли дохода. Формулы

Нетрудно заметить, что функции СТАВКА и ВСД тесно связаны. Функция ВСД, так же как и функция ЧПС, учитывает стоимость вложения и непостоянство выплат.

7.2.3. Функция МВСД (MIRR)

Эта функция – модифицированная ставка доходности – возвращает модифицированную внутреннюю скорость оборота средств, при вычислении которой учитывается как стоимость занятых при инвестиции средств, так и доход, получаемый за счет реинвестирования прибыли.

Формат

МВСД(значения; ставка_финансирования;
ставка_реинвестиции)

Пример 7.9

Рассчитать значение модифицированной ставки доходности для проекта со сроком реализации 3 года при стоимости вложений 10 млн. руб. и доходе в виде чистой ренты 3 млн. руб., 4 млн. руб. и 7 млн. руб. ежегодно в течение последующих лет при пороговом значении коэффициента дисконтирования $r = 10\%$ и ставке реинвестирования 12% , используя данные примера 7.7.

Решение

Разместим исходные данные в ячейках A21:B27 рабочего листа Excel (см. рис. 7.19) и составим функцию МВСД:

=МВСД(-10000000; 3000000; 4000000; 7000000; 10%; 12%) или

=МВСД(B21:B24;B26;B27) для исходных данных в ячейках B21:B24, B25, B26 (см. рис. 7.20).

Функция вернет результат, равный 15% (ячейка B25) – модифицированную внутреннюю скорость оборота средств при 10% годовых, выплачиваемых банку по займу 10 млн. руб., и 12% годовых, получаемых от реинвестирования прибыли в рассматриваемый период.

	А	В
19		
20	МВСДО	
21	Стоимость	-10000000
22	Доход 1 год	3000000
23	Доход 2 год	4000000
24	Доход 3 год	7000000
25	Модифицированная % ставка	15%
26	Пороговая % ставка по займу	10%
27	Ставка реинвестирования	12%

Рис. 7.19. Расчет модифицированной ставки доходности. Результаты

МВСДО	
Стоимость	-10000000
Доход 1 год	3000000
Доход 2 год	4000000
Доход 3 год	7000000
Модифицированная % ставка	=МВСД(В21:В24;В26;В27)
Пороговая % ставка по займу	0.1
Ставка реинвестирования	0.12

Рис. 7.20. Расчет модифицированной ставки доходности. Формулы

7.3. Расчет амортизации

Для расчета амортизации (степени износа) имущества в течение определенного периода можно использовать такие функции как АМОУВ, АМОУМ, АПЛ, АСЧ, ДДОБ, ПУО и некоторые другие. Принципы расчета амортизации имущества, заложенные в этих функциях, аналогичны. Различие состоит лишь в использовании различных систем бухгалтерского учета (например, функции АМОУМ и АМОУВ основаны на французской системе) и различных методов оценки амортизации: линейного, «суммы (годовых) чисел», двойного уменьшения остатка и т.п. Рассмотрим наиболее часто используемые функции расчета амортизации имущества. В этих функциях обычно используются аргументы, представленные в таблице 7.1.

Таблица 7.1. Аргументы функций для расчета амортизации

Нач_стоим	Начальная стоимость имущества
Ост_стоим	Остаточная (ликвидная стоимость имущества)
Время_эксплуат	Период амортизации
Период	Период для начисления амортизации

Все аргументы в функциях должны изменяться в одинаковых периодах – в годах или месяцах.

7.3.1. Функция АПЛ

Эта функция вычисляет величину непосредственной амортизации имущества за один период, рассчитанную линейным методом. При расчете амортизации предполагается, что стоимость имущества уменьшается равномерно в течение всего времени эксплуатации.

Формат

АПЛ(нач_стоим; ост_стоим; время_эксплуатации)

Пример 7.10

Определить амортизацию поточной линии, стоимостью 35 млн. руб., срок эксплуатации которой 6 лет, после чего ее стоимость оценивается в 15 млн. руб. Предположить равномерное уменьшение стоимости имущества.

Решение

Разместим исходные данные в ячейках A2:B4 рабочего листа Excel (см. рис. 7.21) и в ячейке B5 составим функцию АПЛ:

=АПЛ(35000000; 15000000; 6) или

=АПЛ(B2; B4; B3)) для исходных данных в ячейках B2:B4.

Таким образом, функция АПЛ вернет результат 3,33 млн. руб. – непосредственную амортизацию за каждый год эксплуатации.

	АПЛ	
Стоимость	35000000	
срок эксплуатации	6	
Ост. стоимость	15000000	
амортизация	3 333 333,33р.	

АПЛ	
Стоимость	35000000
Срок эксплуатации	6
Ост. стоимость	15000000
амортизация	=АПЛ(B2; B4; B3)

Рис. 7.21. Расчет амортизации с использованием функции АПЛ

7.3.2. Функция АСЧ

Возвращает величину амортизации актива за данный период, рассчитанную методом «суммы (годовых) чисел».

Формат

АСЧ(нач_стоим; ост_стоим; время_эксплуатации; период)

В основе расчета величины амортизации при помощи функции АСЧ лежит следующая формула:

$$АСЧ = \frac{2 \cdot (\text{стоимость} - \text{ост. стоимость}) \cdot (\text{время эксплуатации} - \text{период} + 1)}{\text{сремя эксплуатации} \cdot (\text{время эксплуатации} + 1)} \quad (7.6)$$

Поэтому, выполняя расчет величины амортизации с использованием функции АСЧ, можно легко себя проверить непосредственным вычислением по формуле (7.6).

Пример 7.11

Обратимся к условию примера 7.10 и рассчитаем амортизацию поточной линии, стоимостью 35 млн. руб., срок эксплуатации которой 6 лет, после чего ее стоимость оценивается в 15 млн. руб., используя метод «суммы (годовых) чисел».

Решение

Разместим исходные данные в ячейках А9:В14 рабочего листа Excel (см. рис. 7.22) и составим функцию АСЧ:

- для вычисления амортизации за первый месяц эксплуатации (ячейка В12): =АСЧ(35000000; 15000000; 6*12; 1)
или в терминах ячеек рабочего листа Excel: =АСЧ(В2; В4; В3*12; 1);
- для вычисления амортизации за первый год эксплуатации (ячейка В13): =АСЧ(35000000; 15000000; 6; 1)
или в терминах ячеек рабочего листа Excel: =АСЧ(В2; В4; В3; 1);
- для вычисления амортизации за шестой год эксплуатации (ячейка В14): =АСЧ(35000000; 15000000; 6; 6)
или в терминах ячеек рабочего листа Excel: =АСЧ(В2; В4; В3; 6).

Таким образом, функция АСЧ вернет значения амортизации поточной линии в сумме: 547945,21 руб. – амортизацию за первый месяц эксплуатации, 5714285,71 руб. – амортизацию за первый год эксплуатации и 952380,95 руб. – амортизацию за последний год эксплуатации (см. рис. 7.22).

А		Б	
АСЧ		АСЧ	
Стоимость	35000000	Стоимость	35000000
Срок эксплуатации	6	Срок эксплуатации	6
Ост. стоимость	15000000	Ост. стоимость	15000000
амортизация за 1-ый мес.	547 945,21р.	амортизация за 1-ый мес.	=АСЧ(В9;В11;В10*12;1)
амортизация за 1-ый год.	5 714 285,71р.	амортизация за 1-ый год.	=АСЧ(В9;В11;В10;1)
амортизация за 6-ой год.	952 380,95р.	амортизация за 6-ой год.	=АСЧ(В9;В11;В10;6)

Рис. 7.22. Расчет амортизации с использованием функции АСЧ

7.3.3. Функция ДДОБ

Вычисляет амортизацию имущества на основе метода двукратного учета амортизации. Это метод ускоренной амортизации, которая максимальна в первый период и снижается в последующие периоды.

Формат

ДДОБ (нач_стоим; ост_стоим; время_экспл; период; коэффициент)

Коэффициент – это норма снижения балансовой стоимости. Этот аргумент не является обязательным и по умолчанию принимается равным 2, при этом используется метод двукратного учета амортизации.

Пример 7.12

Обратимся к условию примера 7.10 и рассчитаем амортизацию поточной линии, стоимостью 35 млн. руб., срок эксплуатации которой 6 лет, после чего ее стоимость оценивается в 15 млн. руб., используя метод удвоенного процента со снижающегося остатка.

Решение

Разместим исходные данные в ячейках D2:E7 рабочего листа Excel, как показано на рис. 7.23, и составим функцию ДДОБ:

- для вычисления амортизации за первый месяц эксплуатации (ячейка E5): = ДДОБ(35000000; 15000000; 6*12; 1)
или в терминах ячеек рабочего листа Excel: =ДДОБ(E2; E4; E3*12; 1);
- для вычисления амортизации за первый год эксплуатации (ячейка E6): =ДДОБ(35000000; 15000000; 6; 1)
или в терминах ячеек рабочего листа Excel: =ДДОБ(E2; E4; E3; 1);
- для вычисления амортизации за третий год эксплуатации (ячейка E7): =ДДОБ(35000000; 15000000; 6; 3)
или в терминах ячеек рабочего листа Excel: =ДДОБ(E2; E4; E3; 3).

Таким образом, функция ДДОБ вернет значение 972222,22 руб. – двукратную амортизацию за первый месяц, значение 11666666,67 руб. – двукратную амортизацию за первый год и значение 55555,56 руб. – двукратную амортизацию за третий год (см. рис. 7.23).

ДДОБ		ДДОБ	
Стоимость	35000000	Стоимость	35000000
Срок эксплуатации	6	Срок эксплуатации	6
Ост. стоимость	15000000	Ост. стоимость	15000000
амортизация за 1-ый мес.	972 222,22р.	амортизация за 1-ый мес.	=ДДОБ(E2; E4; E3*12; 1)
амортизация за 1-ый год.	11 666 666,67р.	амортизация за 1-ый год.	=ДДОБ(E2; E4; E3; 1)
амортизация за 3-ий год.	555 555,56р.	амортизация за 3-ий год.	=ДДОБ(E2; E4; E3; 3)

Рис. 7.23. Расчет амортизации с использованием функции ДДОБ

7.4. Задания для самостоятельной работы

Задание 1. Для ОАО «БелФА» приобретено следующее оборудование.

Наименование оборудования	Количество единиц, шт.	Стоимость единицы оборудования, тыс. руб.	Стоимость всех машин, руб.	Накладные расходы, руб.	Стоимость итого руб.	Остаточная стоимость, руб.	Время эксплуатации	Сумма амортизации	Средняя норма амортизации
Поточная линия	2	199560				230000	6		
Производственные станки	9	88200				500000	6		
Транспортные средства	1					1000000	10		
Мебель	1	15200				5100	10		
Оргтехника	1	8300				4000	5		
Компьютеры	6	2100				9500	3		
Осветительные приборы	12	175				500	6		
Холодильники	2	1300				1100	6		
Микроволновая печь	2	370				400	5		
Обогреватели	8	180				700	5		
Автомобиль	1	35400				15700	15		
Грузовик	1	52100				24500	6		
Итого	1	1658000				1100000	5		

Приняв накладные расходы равными 15% от общей стоимости, рассчитать сумму амортизации и среднюю норму амортизации.

Средняя норма амортизации = Сумма амортизации / Стоимость итого * 100.

Использовать финансовые функции АПЛ, АСЧ, ДДОБ.

Составить простейшие отчетные ведомости, на которых графически отразить результаты расчетов.

Пример решения данной задачи приведен в приложении Г.

Задание 2. Оценить возможность и выгодность ипотечного кредита, предоставляемого физическим лицам, различными банками (использовать финансовые функции ПРПЛТ, ОСПЛТ, ПЛТ).

Требования физического лица к кредиту представлены в таблице 7.2, возможности банков – в таблице 7.3.

Учесть, что кредит может быть предоставлен, если сумма выплаты не превышает 25% от ежемесячного дохода.

В случае невозможности предоставления кредита на желаемый срок определить минимальный срок кредитования нужной суммы при заданной банковской ставке (использовать инструмент «подбор параметра»).

Таблица 7.2. Требования соискателя кредита

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Доход, у.е.	600	500	1000	500	450	550	650	800	700	400
Требуемая сумма займа, у.е.	10000	10000	20000	8000	5000	8000	20000	20000	12000	6000
Срок, лет	до 10	до 15	до 15	до 12	до 6	до 10	до 15	до 15	до 10	до 6

Таблица 7.3. Возможности кредитования, предоставляемые банками

Банк	Годовая процентная ставка	Максимальный срок предоставления кредита банком, лет
«Беларусбанк»	12%	10
	14%	5
	5%	30
	18%	5
«Белинвестбанк»	10%	10
	15%	5
	5%	30
«Белпромстройбанк»	10%	40

Пример расчета по варианту 1 приведен в приложении Г.

Примечание: Для решения рекомендуется сформировать таблицу вида:

Банк	Годовая % ставка	Максимальный срок предоставления кредита банком	Желаемый срок кредитования	Сумма кредита	Выплаты по кредиту			Доход	%	Вывод
					По %	Постоянные	Основные			
Беларусбанк	12%	10								
	14%	5								

Задание 3. Инвесторам со свободными капиталами (см. таблица 7.4) предлагаются независимые проекты (см. таблица 7.5):

Таблица 7.4. Свободные капиталы

Инвесторы	1	2	3	4	5	6	7	8
Капитал	100	200	250	300	400	500	600	700

Таблица 7.5. Варианты инвестиционных проектов

№ проекта	Инвестиции I_0 , млн.руб.	Годовые поступления, млн. руб.					
		1	2	3	4	5	6
1	-100	10	20	40	40	40	10
2	-100	-10	40	40	30	20	10
3	-200	100	100	100	100	100	
4	-200	-80	100	100	80	70	70
5	-250	50	100	100	100	70	
6	-300	280	120	100			
7	-400	200	200	200	200		
8	-500	100	200	200	200	100	
9	-600	300	200	200	200	100	50
10	-550	100	200	250	200	100	

Годовая банковская ставка 15%. Произвести сравнительный анализ инвестиционных проектов и определить оптимальную комбинацию для каждого инвестора. Оценку проекта выполнить по трем критериям:

- чистой приведенной стоимости NPV (использовать функцию ЧПС);
- внутренней норме прибыли IRR (использовать функцию ВСД);
- показателю рентабельности $PI = NPV/I_0$. Проект рентабелен, если $PI \geq 1,2$. Если показатель рентабельности проекта окажется ниже нормы ($PI < 1,2$) следует подобрать такое значение банковской ставки, при котором инвестиции будут рентабельны (использовать команду *Подбор параметра*).

Определить граничную точку выгодности анализируемого проекта (использовать команду *Подбор параметра*).

Пример анализа проектов для инвестора 1 с капиталом 100 млн. руб. приведен в приложении Г.

ГЛАВА 8. ПРОГРАММИРОВАНИЕ ФУНКЦИЙ В EXCEL

В предыдущих главах были рассмотрены возможности создания расчетных решений любой степени сложности с использованием некоторых специализированных встроенных функций MS Excel. В этой главе будут рассмотрены принципы разработки функций, определенных пользователем. Для них в меню мастера функций существует раздел «Определенные пользователем».

Создание новой функции осуществляется посредством встроенного в Excel языка программирования Visual Basic for Applications (VBA), который предназначен для создания и выполнения программ в среде приложений Microsoft Office или других программ, также поддерживающих VBA-технологии. Знание основ этого языка и минимальный опыт программирования позволяют создавать несложные и удобные решения на основе собственных функций.

Освоение VBA является не такой сложной задачей, как может показаться на первый взгляд, тем более пользователю, знакомому с алгоритмизацией и одним из языков программирования высокого уровня.

8.1. Основные понятия языка VBA

Для создания пользовательских функций в Excel приведем некоторые базовые сведения о синтаксических конструкциях, типах данных, правилах объявления и использования переменных, не привязанные к какому-либо приложению Microsoft Office. Более подробно с основами языка VBA можно ознакомиться в специальной литературе [5],[11].

8.1.1. Простые типы данных

Как и любой язык программирования, VBA содержит все привычные простые типы данных: логические, арифметические, строковые, представленные в таблице 8.1.

Таблица 8.1. Простые типы данных VBA

Имя типа	Возможные значения	Требуемая память
Boolean	True, False	2 байта
Byte	Целые числа от 0 до 255	1 байт
Integer	Целые числа от -32768 до +32767	2 байта
Long	Целые числа от -2147483648 до +2147483648	4 байта
Decimal	Примерно 30 десятичных цифр	12 байтов
Single	-3,4E38 ... -1,4E-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

Nstring	Строки фиксированной длины имеют 2 ¹⁵ символов. Строки переменной длины имеют 2 ³¹ символов.	10 байтов + 1 байт или 10 байтов + 2 байта
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, значениями которого могут быть данные любого из перечисленных выше ти- пов, объекты, значения NULL и значения ошибок	Не менее 16 байтов

Универсальный тип Variant превращает язык в безтиповый – все переменные могут быть одного типа. Это достаточно удобно (не приходится задумываться о типизации переменных), но может привести к трудно обнаруживаемым ошибкам, кроме того, неэффективно используется память.

8.1.2. Объявление данных

VBA поддерживает разные способы определения данных. Переменную, в принципе, можно объявлять или не объявлять, и тогда тип ей будет присвоен по умолчанию или по первой букве имени. Явно объявить переменную можно как в начале блока, так и в том произвольном месте, где возникла необходимость ее использования. Но для повышения надежности программ рекомендуется все переменные объявлять явно в начале блока. При этом определяется тип переменной и область видимости – область, где возможен доступ к ее значению.

Объявление простых переменных имеет следующий *синтаксис*:

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

Пример

```
Dim Key As String  
Dim Rez As Single
```

Константы могут определяться как простые, если в момент объявления задается только значение и типизированные, если в момент объявления задается значение константы и ее тип. В принципе объявление констант мало чем отличается от объявления переменных, кроме того, что в этот момент задается значение, которое уже нельзя изменить. Для объявления именованных констант используется оператор Const, который имеет следующий *синтаксис*:

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

Например,

```
Public Const Stavka As Double = 0.12
```

Кроме простых типов данных, при программировании на VBA достаточно широко используется простейший и самый распространенный структурный тип – *массив*, который может быть одномерным и многомерным. Возможное

число измерений массива очень велико – 60. Синтаксис объявления массива аналогичен синтаксису объявления констант и переменных с той лишь разницей, что должна быть указана размерность массива и границы изменения индексов.

Синтаксис

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

Например, Dim Rezult (1 to 10) As Integer

8.1.3. Операторы

VBA – операторный язык, поэтому его программы (модули) представляют собой последовательность операторов, перечень которых достаточно обширен. Для удобства чтения и редактирования программы на VBA каждый оператор желательно располагать в отдельной строке. При этом символ-разделитель не требуется, и последовательность исполнения задается упорядочением сверху вниз. В качестве управляющих операторов VBA предлагает пользователю условный оператор, оператор выбора, различные операторы задания циклов, операторы вызовов процедур и переходов по метке.

Рассмотрим из них те, которые могут понадобиться при разработке сложных функций пользователя в среде Excel.

Условный оператор If ... Then ... Else ... End If является оператором управления вычислениями. Он позволяет выбирать и выполнять действия в зависимости от истинности некоторого условия. Используется в двух вариантах синтаксиса: *в одну строку* и *в форме блока*.

В одну строку

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

В виде блока

```
If условие Then  
[операторы]  
[ElseIf условие-n Then  
[операторы-n] ...  
[Else  
[ИначеОператоры] ]  
End If
```

Условие обязательно в обоих вариантах. Оно может быть числовым или строковым выражением со значениями True или False.

Операторы1 и Операторы2 – это последовательности из одного или нескольких операторов. Если условие истинно, выполняется последовательность Операторы1, если ложно – Операторы2.

Пример

Условный оператор в виде одной строки:

```
If Rez>0 Then Eff=20%: Zatr=0 Else Eff=0: Zatr=10000
```

Тот же условный оператор в виде блока:

```
If Rez > 0 Then  
Eff = 20%: Zatr = 0  
Else  
Eff = 0: Zatr = 10000  
End If
```

Оператор выбора Select Case выбирает и исполняет одну из последовательностей операторов в зависимости от значений выражения-селектора.

Синтаксис

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

Выражение-селектор должно присутствовать обязательно. СписокВыражений-n должен присутствовать в строке, начинающейся ключевым словом Case. Выражения в этом списке отделяются запятыми.

Оператор цикла For-Next позволяет повторять группу операторов заданное число раз.

Синтаксис

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

Счетчик_цикла – это числовая переменная, которая принимает значения от числового выражения начало до числового выражения конец, изменяясь при этом с заданным шагом Step. Параметр шаг может принимать как положительные, так и отрицательные значения. Если шаг явно не указан, по умолчанию он принимается равным 1.

Например, вычисление общего дохода за 10 периодов.

```
Result = 0  
For i = 1 To 10  
Result = Result + Dohod
```

В переменной Result вычисляется общий доход за 10 месяцев (без учета ставки дисконта и инфляции).

Оператор цикла Do-loop повторяет блок операторов, пока заданное условие является истинным или пока оно не станет истинным.

Имеется четыре варианта синтаксиса этого цикла. В первых двух вариантах условие проверяется в начале цикла:

```
Do [{While | Until} Условие]  
Тело цикла  
Loop
```

В других вариантах условие проверяется в конце цикла:

```
Do  
Тело цикла  
Loop [ {While | Until} Условие]
```

Условие, являющееся числовым или строковым выражением, не обязательно. Тело цикла выполняется пока условие истинно. Циклы 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, следующий за Loop.

Оператор цикла 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 для цикла Do ... Loop, однако для этого оператора цикла не предусмотрен оператор выхода Exit. Поэтому цикл While ...Wend следует рассматривать как частный случай цикла Do ... Loop.

Оператор цикла For Each-Next. Этот цикл повторяет заданную последовательность операторов для каждого элемента массива или набора данных.

Синтаксис

```
For Each элемент In группа  
тело цикла  
Next [элемент]
```

Здесь элемент – переменная, которая пробегает в качестве значений элементы набора или массива. В любом случае элемент должен быть переменной типа Variant или переменной для некоторого класса объектов.

8.1.4. Встроенные функции VBA

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

Все встроенные функции VBA можно условно разделить на следующие классы: функции проверки типов данных, функции преобразования типов данных, функции преобразования данных, математические функции, функции обработки строк, функции обработки дат и времени. Подробно все эти функции можно изучить в специальной литературе [9, 10]. В таблице 8.2 приведен перечень наиболее часто используемых при вычислениях стандартных математических функций.

Таблица 8.2. Математические функции

Функция	Назначение
Abs (число)	Абсолютное значение числа
Atn (число)	Арктангенс (в радианах) аргумента, задающего тангенс числа
Cos (число)	Косинус угла. Аргумент <i>число</i> задает угол в радианах
Exp (число)	Экспонента, т.е. результат возведения числа <i>e</i> (основание натурального логарифма) в указанную степень
Log (число)	Натуральный логарифм числа
Rnd ([число])	Случайное число
Sgn (число)	Знак числа (если число больше нуля, то $Sgn(число) = 1$, число равно нулю $Sgn(число) = 0$, число меньше нуля $Sgn(число) = -1$)
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

8.2. Создание пользовательских функций

Знание рассмотренных операторов позволяет разрабатывать как простые, так и достаточно сложные функции пользователя на VBA.

Следует отметить, что для реализации разветвляющихся вычислительных процессов в функциях пользователя проще использовать условный оператор в виде одной строки или даже обходиться конструкцией *If ... Then*, избегая *Else*. Для реализации циклических вычислительных процессов наиболее прост оператор *For-Next*.

Любую функцию пользователя нужно создавать в модуле той же книги, где производятся вычисления, для чего необходимо в главном меню последовательно выбрать пункты: *Сервис* $\Rightarrow$ *Макрос* $\Rightarrow$ *Редактор Visual Basic*.

В результате на экране появится текстовый редактор, в котором и создается модуль новой функции. Причем один модуль может включать несколько функций пользователя.

После создания и сохранения функция автоматически включается в раздел «функции, определенные пользователем» мастера функций Excel и вызывается обычным способом. Для выхода из Visual Basic на панели задач следует выбрать лист с нужным номером.

Рассмотрим примеры программирования функций на языке Visual Basic

Пример 8.1

Ежемесячная премия сотрудников равна проценту от тарифного оклада. Составить функцию, вычисляющую процент от числа.

Решение

По вышеописанному методу создадим модуль этой функции, параметрами которой служат значения размера премии в процентах и тарифного оклада в ден. ед., а результатом – размер премии.

В окно редактора VBA необходимо ввести следующий текст:

```
Function Премия(Оклад As Single, Пр_премии As Single)
```

```
Премия = Оклад * (Пр_премии / 100)
```

```
End Function
```

Функцию пользователя невозможно запустить непосредственно из редактора VBA, поэтому можно написать проверочную процедуру и запустить ее на выполнение командами Сервис ⇒ Макрос ⇒ Run:

```
Sub Проверка()
```

```
MsgBox Премия(450000, 15)
```

```
End Sub
```

Покажем использование разработанной функции пользователя на примере расчета премии сотрудников.

На любом листе рабочей книги, в которой находится функция Премия, разместим исходные данные так, как показано на рис.8.1.

Пример 8.1						
Табельный №	ФИО	Тарифный оклад ден.ед.	Премия %	Премия ден.ед.	К выдаче ден.ед.	
1001	Трифонов А.А.	450000	15			
1002	Дубко В.И.	320000	10			
1003	Савин Т.Б.	500000	15			
1004	Данилова Т.Р.	720000	20			
1005	Беляева Т.В.	750000	20			
1005	Масько П.Т.	260000	0			

Рис. 8.1. Значения для расчета функции Премия

В ячейке E5 создадим формулу на основе функции Премия.

Для этого следует вызвать *Мастер Функций* (меню *Вставка* $\Rightarrow$ *Функция* или с помощью пиктографического меню), и в категории «Определенные пользователем» выберем функцию Премия, как показано на рис.8.2.

Следует заметить, что в этом списке могут быть и другие пользовательские функции.

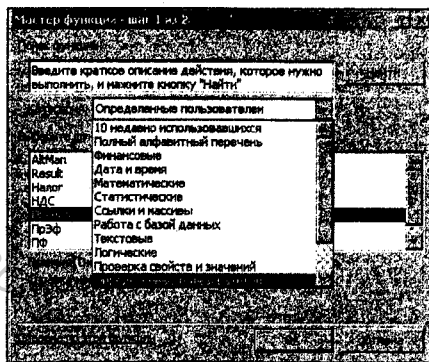


Рис.8.2. Диалоговое окно мастера функций. Выбор функции Премия

В следующем диалоговом окне остается только ввести значения аргументов функции Премия, как показано на рис.8.3.

Таким образом, в ячейку E5 будет введена формула =Премия(C5;D5). Изменение значений тарифного оклада и процента премии в ячейках E6:E10 вызовет перерасчет значения премии.

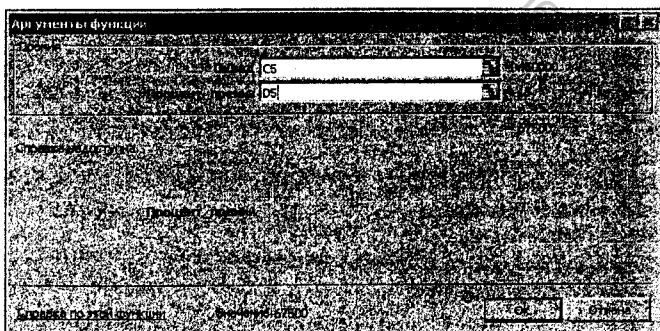


Рис.8.3. Диалоговое окно мастера функций
Ввод аргументов функции Премия

На рис.8.4 представлена рассчитанная таблица. В строке формул показано использование функции Премия.

Е6 =Премия(С6;D6)						
	A	B	C	D	E	F
2	Пример 8.1					
3	Функция Премия()					
4	Табельный №	ФИО	Тарифный оклад ден.ед.	Премия %	Премия ден.ед.	К выдаче ден.ед.
5	1001	Трифонов А.А.	450000	15	67500,0	517500,0
6	1002	Дубко В.И.	320000	10	32000,0	352000,0
7	1003	Савин Т.Б.	500000	15	75000,0	575000,0
8	1004	Данилова Т.Р.	720000	20	144000,0	864000,0
9	1005	Беляева Т.В.	750000	20	150000,0	900000,0
10	1005	Масько П.Т.	280000	0	0,0	280000,0

Рис.8.4. Результаты расчета

Пример 8.2

Усложним условие примера 8.1 (см. рис. 8.1). Составим пользовательскую функцию, которая рассчитывала бы размер премии в зависимости от оклада на основании приведенной ниже шкалы:

До 300000 ден.ед.	От 300000 до 400000 ден.ед.	От 400000 до 600000 ден.ед.	Свыше 600000 ден.ед.
Премии нет	10%	15%	20%

Решение

Очевидно, что здесь необходимо использовать конструкцию If ... Then ... ElseIf ... Else ... End If для реализации сложного логического условия. Синтаксис такой конструкции достаточно сложен, поэтому продемонстрируем использования оператора VBA If ... Then ... Else на более простом примере – составим функцию ПРЕМ1, которая в зависимости от размера тарифного оклада будет выводить комментарий «Премия положена» или «Премия не положена». Текст этой функции:

```
Function ПРЕМ1(Оклад As Single)
If Оклад < 300000 Then
ПРЕМ1 = "Премия не положена"
Else
ПРЕМ1 = "Премия положена"
End If
End Function
```

А теперь реализуем расчет премии более простым способом, используя конструкцию If ... Then, причем опять следует учесть тот вариант (оклад меньше 300000 ден. ед.), когда функции присваивается строка символов в зависимости от значения параметра.

По приведенной выше методике в окно редактора VBA необходимо ввести следующий текст:

```
Function ПРЕМ(Оклад As Single)
If Оклад < 300000 Then ПРЕМ = "Премии нет"
If (Оклад >= 300000) And (Оклад < 450000) Then ПРЕМ = Оклад * 0.1
If (Оклад >= 450000) And (Оклад < 600000) Then ПРЕМ = Оклад * 0.15
If Оклад > 600000 Then ПРЕМ = Оклад * 1.2
End Function
```

В обеих функциях в качестве параметров передается только значение тарифного оклада, а также управляющий параметр, указывающий, каким образом начисляется премия.

В функции ПРЕМ в каждом логическом блоке анализируется приведенный в заданной шкале интервал окладов и в зависимости от результата анализа реализуется формула расчета значения премии.

Использование функции ПРЕМ представлено на рис.8.5.

Пример 8.2 Функция ПРЕМ()					
Табельный №	ФИО	Тарифный оклад ден.ед.	Премия %	Премия ден.ед.	К выдаче ден.ед.
1001	Трифонов А.А.	450000	15	=ПРЕМ(C16)	=ЕСЛИ(D16>0;C16+E16;C16)
1002	Дубко В.И.	320000	10	=ПРЕМ(C17)	=ЕСЛИ(D17>0;C17+E17;C17)
1003	Савин Т.Б.	500000	15	=ПРЕМ(C18)	=ЕСЛИ(D18>0;C18+E18;C18)
1004	Данилова Т.Р.	720000	20	=ПРЕМ(C19)	=ЕСЛИ(D19>0;C19+E19;C19)
1005	Беляева Т.В.	750000	20	=ПРЕМ(C20)	=ЕСЛИ(D20>0;C20+E20;C20)
1006	Масько П.Т.	280000	0	=ПРЕМ(C21)	=ЕСЛИ(D21>0;C21+E21;C21)

Рис.8.5. Использование функции ПРЕМ() для расчета премии сотрудников

Для расчета значения столбца «К выдаче» использована логическая функция ЕСЛИ: значения оклада и премии суммируются только в том случае, если премия начислена. Если в строке «Премия» помещен текст, сумма к выдаче равна значению столбца «Тарифный оклад».

Результаты расчета представлены на рис.8.6.

E21	=ПРЕМ(C21)					
	A	B	C	D	E	F
11						
12	Пример 8.2					
13	Функция ПРЕМ()					
14						
15	Табельный №	ФИО	Тарифный оклад ден.ед.	Премия %	Премия ден.ед.	К выдаче ден.ед.
16	1001	Трифонов А.А.	450000	15	67500,0	517500,0
17	1002	Дубко В.И.	320000	10	32000,0	352000,0
18	1003	Савин Т.Б.	500000	15	75000,0	575000,0
19	1004	Данилова Т.Р.	720000	20	864000,0	1584000,0
20	1005	Беляева Т.В.	750000	20	900000,0	1650000,0
21	1005	Масько П.Т.	280000	0	Премии нет	280000,0

Рис.8.6. Результаты расчета с использованием функции ПРЕМ()

Пример 8.3

Определить индекс доходности (ИД) двух инвестиционных проектов на основании данных, представленных на рис. 8.7 и сделать вывод об их эффективности. Если ИД > 1 проект эффективен, если ИД < 1 проект не эффективен.

Индекс доходности представляет собой отношение суммы приведенного эффекта к величине инвестиций:

$$ИД = \frac{1}{K} \cdot \sum_{t=0}^T (R_t - Z_t) \cdot \frac{1}{(1+E)^t}, \quad (8.1)$$

где R_t – результаты t -го года в тыс. ден.ед.,

Z_t – затраты t -го года в тыс. ден.ед.,

K – величина инвестиций в тыс. ден.ед.,

E – ставка депозита.

	A	B	C	D	E	F
32	Ставка депозита E		12%			
33	Инвестиции K		50000			
34						
35	Год	Результаты года R	Затраты года Z		Год	Результаты года R
36						Затраты года Z
37	2000	10000	8000		2000	21000
38	2001	11000	8000		2001	22000
39	2002	12000	8000		2002	23000
40	2003	13000	8000		2003	24000
41	2004	14000	8000		2004	25000
42	2005	15000	8000		2005	26000

Рис.8.7. Значения для расчета ИД

Составим пользовательскую функцию для расчета приведенного эффекта, то есть запрограммируем вычисление выражения:

$$ПЭ = \sum_{i=0}^T (R_i - Z_i) \cdot \frac{1}{(1+E)^i}$$

Нетрудно заметить, что значения параметра результаты года в каждый период увеличиваются на 1000 тыс. ден. ед., поэтому из этих показателей удобно сформировать одномерный массив, каждый следующий элемент которого на 1000 больше предыдущего. Для формирования такого массива и вычисления суммы следует организовать цикл, то есть использовать оператор For, параметром цикла в котором будет номер периода.

По приведенной выше методике в окно редактора VBA необходимо ввести следующий текст:

```
Function ПрЭф(Результат_1_года As Integer, Затраты As Integer, Ставка As Single, Период As Integer)
Dim Результат As Integer
Результат = Результат_1_года
ПрЭф = 0
For i = 1 To Период
ПрЭф = ПрЭф + (Результат - Затраты) / (1 + Ставка) ^ i
Результат = Результат + 1000
Next
End Function
```

Использование функции ПрЭф для первого варианта исходных данных представлено на рис.8.8.

D44	=ОКРУГЛ(ПрЗФ(В37;С37;С32,6)/С33,2)	
Использование функции ПрЗФ		
Ставка депозита E	0,12	
Инвестиции K	50000	
Год	Результаты года R	Затраты года Z
2000	10000	8000
2001	11000	8000
2002	12000	8000
2003	13000	9000
2004	14000	8000
2005	15000	8000
Индекс	=ОКРУГЛ(ПрЗФ(В37;С37;С32,6)/С33,2)	
Вывод:	=ЕСЛИ(D44<1;"Проект не эффективен";"Проект эффективен")	

Рис.8.8. Расчет ИД с использованием функции ПрЭф

По результатам расчета индексов доходности обоих проектов (см. рис. 8.9) можно сделать вывод, что эффективным является проект 2.

С45 =ЕСЛИ(D44<1,"Проект не эффективен","Проект эффективен")						
A	B	C	D	E	F	G
Использование функции ПрЗФ						
32	Ставка депозита E	12%				
33	Инвестиции K	50000				
34						
35	Год	Результаты	Затраты		Результаты	Затраты
36	года R	года Z		Год	года R	года Z
37	2000	10000	8000	2000	21000	8000
38	2001	11000	8000	2001	22000	8000
39	2002	12000	8000	2002	23000	8000
40	2003	13000	8000	2003	24000	8000
41	2004	14000	8000	2004	25000	8000
42	2005	15000	8000	2005	26000	8000
43						
44	Индекс доходности (ИД) = 0,34			Индекс доходности (ИД) = 1,25		
45	Вывод: Проект не эффективен			Проект эффективен		

Рис.8.9. Результаты расчета ИД с использованием функции ПрЗФ

Использование такой достаточно простой VBA-конструкции в данном случае является весьма целесообразным, так как достаточно задать только результаты первого периода (2000 год – 10000 тыс. ден. ед.) и величину ежегодных затрат. В принципе нет необходимости формировать таблицы исходных данных, как показано на рис. 8.7. Если вместо функции использовать расчет по формуле, то потребовалось бы большое количество ячеек Excel для исходных данных и для промежуточных вычислений. И хотя Excel имеет все возможности для выполнения таких расчетов, возникает вопрос, на какое же максимальное количество периодов можно формировать такую структуру? А циклический (внутри функции) расчет результатов дохода по годам (параметр *Результаты*) позволяет без труда обработать практически любое количество периодов.

Таким образом, можно сделать вывод, что знание основных конструкций VBA предоставляет множество возможностей для выбора наиболее оптимального подхода, соответствующего характеру и уровню сложности решаемой задачи и уровню профессиональной подготовки пользователя.

8.3. Задания для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы предлагаются задания нескольких уровней сложности в зависимости от глубины изучения данной темы. Расчетные решения приведены в приложении Д.

Задания I уровня сложности

Разработать пользовательскую функцию $Y = f(x)$ на VBA для вычисления значения функции (см. таблица 8.3) и построить в Excel график функции. Значения a , b , c и d задать самостоятельно.

Таблица 8.3. Варианты заданий

№ варианта	Функция	Интервал
1	$Y = \begin{cases} \sqrt{1+x^2}, & x \leq 0 \\ \frac{1+x}{1+\sqrt{1+e^{-0,2x}}}, & x > 0 \end{cases}$	$x \in [-1,7;1,7]$
2	$Y = \begin{cases} \sqrt{a}, & 0 \leq a < b \\ \sqrt{b}, & a \geq b \end{cases}$	$x \in [-3;10]$
3	$Y = \begin{cases} \sqrt{1+x^2}, & x \leq 0 \\ \frac{1+x}{1+\sqrt{2+x+x^2}}, & 0 < x < 1 \end{cases}$	$x \in [-2;2]$
4	$Y = \begin{cases} c \cdot \sqrt{t^2+4}, & t < 1,2 \\ \frac{c \cdot \sin t}{\ln(1+t^2)}, & t \geq 1,2 \end{cases}$	$t \in [-2;2]$
5	$Y = \begin{cases} c \cdot \cos 2x, & x < 1 \\ c \cdot \sqrt{4 - \lg x}, & x \geq 1 \end{cases}$	$x \in [-0,1;3]$
6	$Y = \begin{cases} \ln(1+x^2) - 2x, & x < -1 \\ \cos(x+1) + 2 \cdot c \cdot d, & x \geq -1 \end{cases}$	$x \in [-2;1]$
7	$Y = \begin{cases} a \cdot \cos 2x, & x < 1 \\ a \cdot \sqrt{4 + \lg x}, & x \geq 1 \end{cases}$	$x \in [-2;2]$
8	$Y = \begin{cases} a \cdot \sqrt{4 + \ln x }, & x \leq 2,5 \\ \sqrt{a^2 + \cos^2 x}, & x > 2,5 \end{cases}$	$x \in [1;4]$
9	$Y = \begin{cases} \frac{e^t}{a \sqrt{t^2+4}}, & t \leq 2 \\ a \sqrt{t+1}, & t > 2 \end{cases}$	$t \in [0;4]$
10	$Y = \begin{cases} c \cdot (1 + \ln x), & x < 1,8 \\ c \cdot \sqrt{4 - \lg x}, & x \geq 1,8 \end{cases}$	$x \in [1;3,9]$

Задания II уровня сложности

Разработать пользовательскую функцию на VBA для вычисления суммы $S=f(n,x)$ или произведения $P=f(n,x)$ элементов ряда (см. табл. 8.4). Использовать эту функцию в книге Excel для различных значений n и x .

Таблица 8.4

№ варианта	Функция	№ варианта	Функция
1	$S = \sum_{n=1}^{10} \frac{1}{2n+1} \cdot \left(\frac{x-1}{x+1} \right)^{2n+1}$	6	$P = \prod_{n=1}^{10} \frac{x^2}{n+2}$
2	$S = \sum_{n=1}^{20} x^2 \sin \left(n \cdot \frac{\pi}{4} \right)$	7	$P = \prod_{n=1}^{10} \frac{n \cdot x^2}{n+2}$
3	$S = \sum_{n=1}^{10} \frac{x^{2n}}{2n+1}$	8	$P = \prod_{n=1}^{10} \frac{n^2 \cdot x}{n+2}$
4	$S = \sum_{n=1}^{25} \frac{\cos \left(n \cdot \frac{\pi}{4} \right)}{n} \cdot x$	9	$S = \sum_{k=1}^6 \frac{k^2 - 1}{k^2 + 1} \cdot x$
5	$S = \sum_{n=1}^{10} \frac{n^2 + 1}{n-1} \cdot \left(\frac{x}{2} \right)^2$	10	$S = \sum_{k=3}^8 \frac{\sqrt{k} + 2}{k-2}$

Задания III уровня сложности

Вариант 1. В книге MS Excel создать список сотрудников отдела маркетинга (не менее 10-12 записей). Список должен содержать следующие поля: ФИО, оклад, количество контрактов, премия, сумма к выдаче.

Премия зависит от количества контрактов и устанавливается в процентах от оклада в соответствии с таблицей:

Контракты	От 15 до 25	От 25 до 30	Более 30
Процент	50	75	100

Для расчета премии составить пользовательскую функцию на VBA Премия (Оклад, контракты).

Вариант 2. В книге MS Excel создать список студентов (не менее 10-12 записей). Список должен содержать следующие поля: ФИО, форма обучения (бюджет, внебюджет), средний балл, стипендия.

Стипендия начисляется только студентам-бюджетникам и рассчитывается следующим образом:

Стипендия = базовая величина * коэффициент.

Коэффициент зависит от среднего балла и устанавливается в соответствии с таблицей:

Средний балл	От 6 до 7	От 7 до 8	От 8 до 10	10
Коэффициент	3	3.5	4	5

Для расчета стипендии составить пользовательскую функцию на VBA Стипендия (базовая величина, средний балл).

Вариант 3. В книге MS Excel создать ведомость готовой продукции на складе швейного предприятия. Ведомость должна содержать следующие поля: наименование изделия, год выпуска, цена, вычисляемое поле – переоценка.

Переоценка = цена - процент от цены.

Процент переоценки зависит от года выпуска изделия и равен:

Дата выпуска	2003 и ранее	2004	2005	2006
Процент	50	20	10	-

Для расчета переоценки составить пользовательскую функцию на VBA Переоценка (цена, дата выпуска).

Вариант 4. В книге MS Excel составить таблицу для расчета оценки кредитоспособности потенциальных заемщиков на основе методики Альтмана [3]. Согласно этой методике оценка кредитоспособности производится с помощью статистической модели Z, составляемой по данным балансового отчета фирмы:

$$Z = 1,2 * X_1 + 1,4 * X_2 + 3,3 * X_3 + 0,6 * X_4 + 0,999 * X_5,$$

где: X_1 – отношение собственных оборотных средств к сумме активов;

X_2 – отношении балансовой прибыли к сумме активов;

X_3 – отношение операционных доходов к сумме активов;

X_4 – отношение рыночной стоимости акций фирмы к итогу пассива, т.е. собственного капитала к привлеченному капиталу;

X_5 – отношение выручки от реализации к сумме активов.

Классификационное правило для оценки кредитоспособности приведено в таблице 8.6

Составить функцию пользователя $Altman(x1, x2, x3, x4, x5)$ для расчета модели Z и функцию принятия решения $Rezult(Z)$ в соответствии с классификационным правилом, приведенным в таблице 8.6.

Таблица 8.6. Классификационное правило Альтмана

Z	Вывод
$Z < 1,81$	Вероятность банкротства высока
$1,81 \leq Z < 2,675$	Вероятность банкротства существует в ближайшие 2-3 года
$2,675 \leq Z \leq 2,99$	В ближайшей перспективе фирме не угрожает банкротство
$Z > 2,99$	Предприятие работает успешно

Вариант 5. В книге MS Excel составить ведомость для расчета экологического налога. Ведомость должна содержать следующие поля: период, объ-

ем выбросов, ставка налога (в %), норма выбросов, экологический налог и данные не менее, чем за 12 периодов.

Экологический налог зависит от объема выбросов и равен:

Объем выбросов	Экологический налог
Норма и ниже	Объем выбросов* Ставка налога
Выше нормы	Норма выбросов* Ставка налога + (Объем выбросов - Норма выбросов)*15* Ставка налога

Составить функцию пользователя Э_Н(норма, фактические выбросы, ставка налога).

Вариант 6. В книге MS Excel составить таблицу для анализа инвестиций в несколько проектов. Таблица должна содержать поля: № проекта, период, норма дисконта, прибыль. Составить функцию пользователя (см. формулу 8.2) ЧДД(прибыль, норма дисконта, период) для расчета абсолютной величины прибыли, приведенной к началу реализации проекта – чистого дисконтированного дохода (ЧДД).

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=1}^T \frac{\Pi_{t-1}}{(1 + E_t)^t}, \quad (8.2)$$

где Т – число периодов,

Π_t – прибыль t-го периода,

E_t – ставка дисконта t-го периода.

Предположить, что прибыль каждого следующего периода на фиксированную величину больше прибыли предыдущего периода, а ставка дисконта каждый период увеличивается на 1,5%. (Использовать методику примера 8.3).

Сделать вывод об эффективности проекта: если ЧДД>0, проект эффективен, если ЧДД<0, проект не эффективен.

Вариант 7. Страховая компания помещает в банк под определенную процентную ставку годовых j поступающие ежегодные страховые взносы R, согласно договору на срок n лет со страхуемой фирмой, причем начисление процентов производится m раз в году (2 – по полугодиям, 4 – поквартально, 12 – ежемесячно). Нарастенная сумма обычной ренты определяется следующим образом:

$$S = R \cdot \frac{(1 + j/m)^{mn} - 1}{(1 + j/m)^n - 1}.$$

Составить функцию пользователя Рента(взнос, ставка, срок, период) для разных значений R, j, m.

Вариант 8. В книге MS Excel составить ведомость для расчета сдельной заработной платы рабочих раскройного участка швейного цеха (10 - 12 записей). Ведомость должна содержать следующие поля: ФИО, разряд, тарифный коэффициент, норма времени (ч), расценка (руб.), фактический выпуск (шт.), сдельная заработная плата (руб.).

Тарифный коэффициент зависит от разряда и равен:

Разряд	1 - 3	4	5-6
Тарифный коэффициент	1,28	1,57	1,73

Расценка = Тарифный коэффициент * Ставка 1 разряда * Норма времени.

Сдельная ЗП = Расценка * Фактический выпуск.

Ставка 1 разряда = 31000 руб.

Составить функцию пользователя ТарКоеф (разряд).

Вариант 9. В книге MS Excel создать таблицу для расчета коэффициента эластичности (показатель, характеризующий реакцию рынка на изменение цены и объема выпуска продукции) и характера спроса на товары и услуги (12 - 15 записей) следующего вида:

Товар	Объем базовый (Q1), шт.	Объем отчетный (Q2), шт.	Цена базовая (P1), руб.	Цена отчетная (P2), руб.	Коэффициент эластичности (E)	Характер спроса
Обувь детская	2400	2300	22000	25000		
Обувь мужская	2100	1800	55000	67000		
Трикотаж	5000	5300	17000	21100		
...	...	...	...	...		

Коэффициент эластичности определяется по формуле

$$K_{\varepsilon} = (|Q2/Q1| * 100 - 100) / (|P2/P1| * 100 - 100).$$

Характер спроса зависит от коэффициента эластичности и равен:

Коэффициент эластичности	0	<1	=1	>1	$\rightarrow \infty$
Характер спроса	Абсолютно неэластичный	Неэластичный	Единичный	Эластичный	Абсолютно эластичный

Составить функцию пользователя $K_{\varepsilon}(Q1, Q2, P1, P2)$ для определения коэффициента эластичности и функцию пользователя Спрос(E) для определения характера спроса. По результатам построить график.

Вариант 10. В книге MS Excel составить ведомость (12-15 записей) для начисления премии на сдельную заработную плату рабочих раскройного участка швейного цеха следующего вида:

Перевыполнение = (Фактический выпуск - Плановый выпуск) / Плановый выпуск * 100

ФИО работника	Сдельная заработная плата, руб.	Фактический выпуск, шт.	Плановый выпуск, шт.	Процент премии	Премия, руб.	Сдельно-премиальная заработная плата, руб.
Азгур А.Н.	82000	480	408			
Басов П.Л.	98400	440	408			
Белова О.Д.	92700	396	408			
...	...	...	...			

Процент премии зависит от перевыполнения и равен:

Перевыполнение	Менее 10%	От 10% до 20%	Свыше 20%
Процент премии	5%	15%	25%

Премия = Сдельная з/плата * Процент премии / 100;

Сдельно-премиальная з/плата = Сдельная з/плата + Премия.

При расчете премии учесть, что она выплачивается работникам, выполняющим или перевыполняющим план выпуска (Перевыполнение ≥ 0).

Составить функцию пользователя Процент премии (Факт. выпуск, План. выпуск).

ГЛАВА 9. РЕШЕНИЕ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ И ТРАНСЦЕНДЕНТНЫХ УРАВНЕНИЙ

В этой главе изложены основные положения численных методов решения алгебраических и трансцендентных уравнений, таких, как метод простой итерации, метод Ньютона и метод половинного деления (дихотомии), реализация этих методов с помощью встроенных функций Excel и решение таких уравнений с использованием инструмента «Подбор параметра».

9.1. Основные понятия

Зачастую при решении экономических и инженерно-технических задач приходится решать уравнения вида

$$f(x, p_1, p_2, \dots, p_n) = 0, \quad (9.1)$$

где f – заданная функция, которая определена и непрерывна на некотором конечном интервале $x \in [a; b]$;

x – неизвестная величина;

$p_1, p_2, \dots, p_n$ – параметры задачи.

Как правило, исследователя интересует поведение решений в зависимости от параметров $p_1, p_2, \dots, p_n$. При каждом фиксированном наборе этих параметров уравнение (9.1) может иметь либо конечное, либо бесконечное количество решений x , что соответствует определенному физическому смыслу конкретной задачи.

Если функция представляет собой многочлен, уравнение называется *алгебраическим*, если в функцию $f(x)$ входят элементарные (тригонометрические, логарифмические и т.п.) функции, то такое уравнение называется *трансцендентным*.

Всякое значение x^* , такое, что $f(x^*) = 0$, называется *корнем уравнения*, а способ нахождения x^* является *решением уравнения*.

Только для простейших уравнений удается найти решение в аналитическом виде, т.е. записать формулу, выражающую искомую величину x , в явном виде через параметры $p_1, p_2, \dots, p_n$. В большинстве случаев приходится решать уравнения вида (8.1) численными методами, что зачастую проще, чем программировать громоздкую аналитическую формулу.

При решении уравнений необходимо решить две задачи:

1. Выделение *интервала изоляции корня*, т.е. такой достаточно малой области, в которой находится только один корень. Решить эту задачу можно несколькими способами: 1) найти значения непрерывной функции $f(x)$ на концах некоторого отрезка. Если полученные значения имеют разные знаки, то на этом отрезке уравнение $f(x) = 0$ имеет хотя бы один корень; 2) для визуализации вычислений можно использовать табулирование функции на заданном интервале (т.е. нахождение таблицы значений) и построение ее графика. Это позволит более точно определить интервал изоляции и избежать ошибки в случае, если непрерывная

функция на отрезке несколько раз принимает значения разных знаков, т.е. содержит несколько корней.

Например, функция $y = \sin x + \cos x^2$ на концах отрезка $[1; 4]$ имеет значения разных знаков ($f(1) = 1,382$, $f(4) = -1,715$), но на этом отрезке содержатся 3 корня $x_1 = 1,7276$, $x_2 = 2,8534$, $x_3 = 3,6867$. Поэтому процесс отыскания корней необходимо проводить на трех отрезках – $[1; 2]$, $[2; 3]$, $[3; 4]$.

2. *Вычисление корней с заданной точностью.* Для решения этой задачи можно использовать метод простой итерации, метод Ньютона или метод половинного деления (дихотомии).

9.2. Реализация метода простой итерации

При решении уравнения методом итераций уравнение (9.1) необходимо выделить из уравнения x , остальное перенести в правую часть и представить в виде

$$x = \varphi(x). \quad (9.2)$$

Каждое последовательное вычисление x_n можно вычислить по формуле

$$x_n = \varphi(x_{n-1}), \quad (9.3)$$

где x_n – значение x на данном шаге;

x_{n-1} – предыдущее значение x .

Процесс вычисления значений x при $n=1, 2, \dots$ по формуле (9.3) называется *методом итераций*.

Процесс итерации следует продолжать до тех пор, пока разница между двумя соседними приближениями не станет меньше либо равной заданной абсолютной погрешности корня, т.е.

$$|x_n - x_{n-1}| \leq \varepsilon. \quad (9.4)$$

Из двух границ интервала за начальное приближение принимается та граница, в которой производная $\varphi'(x)$ по абсолютной величине будет наименьшей.

Пример 9. 1

Найти все значения функции на промежутке $[1,5; 3,5]$, выделить интервалы изоляции корня и решить уравнение $f(x) = \ln(x) - x + 1,8 = 0$ методом итераций.

Решение

Для выделения интервала изоляции корня найдем все значения функции на заданном интервале $[1,5; 3,5]$.

На листе 1 создадим таблицу, как показано на рис. 9.1.

В ячейку A2 вводим нижнюю границу интервала 1,5. Выбираем шаг изменения значения $x \Delta x = 0,1$. В ячейку A3 вносим следующее значение x , равное 1,6. Для расчета остальных значений x воспользуемся маркером автозаполнения. Для этого выделяем ячейки A2:A3, устанавливаем указатель мыши на маркер (при этом он примет вид крестика) и протягиваем их вниз при нажатой левой кнопке мыши до появления верхней границы интервала – числа 3,5. Табличный процесс-

сор определит шаг между двумя значениями, стоящими в ячейках A2 и A3, и заполнит остальные ячейки значениями с указанным шагом.

Для расчета значений y в ячейку B2 вводим формулу $=\text{LN}(A2) - A2 + 1,8$.

Копируем эту формулу в ячейки B3:B22. В результате имеем следующее:

x	f(x)	x	f(x)
1,5	0,70547	1,5	=LN(A2)-A2+1,8
1,6	0,67000	1,6	=LN(A3)-A3+1,8
1,7	0,63063	1,7	=LN(A4)-A4+1,8
1,8	0,58779	1,8	=LN(A5)-A5+1,8
1,9	0,54185	1,9	=LN(A6)-A6+1,8
2	0,49315	2	=LN(A7)-A7+1,8
2,1	0,44194	2,1	=LN(A8)-A8+1,8
2,2	0,38846	2,2	=LN(A9)-A9+1,8
2,3	0,33291	2,3	=LN(A10)-A10+1,8
2,4	0,27547	2,4	=LN(A11)-A11+1,8
2,5	0,21629	2,5	=LN(A12)-A12+1,8
2,6	0,15551	2,6	=LN(A13)-A13+1,8
2,7	0,09325	2,7	=LN(A14)-A14+1,8
2,8	0,02962	2,8	=LN(A15)-A15+1,8
2,9	-0,03529	2,9	=LN(A16)-A16+1,8
3	-0,10139	3	=LN(A17)-A17+1,8
3,1	-0,16860	3,1	=LN(A18)-A18+1,8
3,2	-0,23685	3,2	=LN(A19)-A19+1,8
3,3	-0,30608	3,3	=LN(A20)-A20+1,8
3,4	-0,37622	3,4	=LN(A21)-A21+1,8
3,5	-0,44724	3,5	=LN(A22)-A22+1,8

Рис. 9.1. Табулирование функции $f(x) = \ln(x) - x + 1,8$

Из полученных значений следует, что интервалом изоляции корня является промежуток $[2,8; 2,9]$, так как на этом интервале функция меняет знак с отрицательного на положительный.

С целью визуализации полученных результатов построим график функции (рис. 9.2). Для этого выделяем диапазон B2:B22, вызываем *Мастер диаграмм*, выбираем тип диаграммы – *график*. Проверяем диапазон данных, переходим на вкладку *Ряды*. В окне *Ряд – Имя* подписываем название кривой – y , переходим в окно *Подписи по оси x*, выделяем диапазон A2:A22. Нажимаем кнопку *Далее*. В окне *Заголовки* подписываем ось x и переходим к следующему шагу. Выбираем размещение диаграммы – *На отдельном листе*.

Для реализации метода итераций представим исходное уравнение $f(x) = \ln(x) - x + 1,8 = 0$ в виде (9.2). Уравнение примет вид

$$x = \ln(x) + 1,8. \quad (9.5)$$

По условию, описанному выше, за начальное приближение принимается та граница интервала изоляции корня, в которой производная $\varphi'(x)$ по абсолютной величине будет наименьшей. Найдем производную $\varphi'(x)$:

$$\varphi'(x) = \frac{1}{x}. \quad (9.6)$$

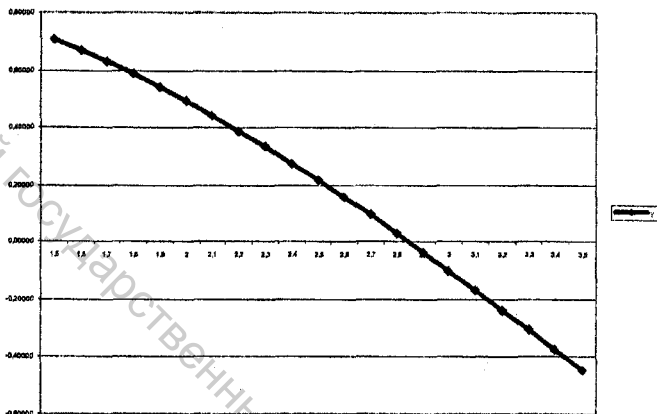


Рис 9.2. График функции $f(x) = \ln(x) - x + 1,8$ на промежутке $[1,5; 3,5]$

Найдем значение производных в граничных точках интервала изоляции корня. Для этого на свободном месте листа строим таблицу, как показано на рис. 9.3. В ячейку E3 вводим формулу $=1/E2$. Копируем ее в ячейку F3.

В ячейку E4 вводим формулу $=\text{ЕСЛИ}(\text{ABS}(E3) < \text{ABS}(F3); E2; F2)$, обеспечивающую выбор одной из границ интервала изоляции корня в качестве начального приближения.

Результаты представлены на рис. 9.3.

D			F		
	Начальная граница	Конечная граница		Начальная граница	Конечная граница
x	2,8	2,9	x	2,8	2,9
$\varphi'(x)$	0,35714	0,34483	$\varphi'(x)$	$=1/E2$	$=1/F2$
Вывод	2,9		Вывод	$=\text{ЕСЛИ}(\text{ABS}(E3) < \text{ABS}(F3); E2; F2)$	

Рис. 9.3. Выбор начального приближения корня

Из полученных значений следует, что минимальное значение производной $\varphi'(x)$ по абсолютной величине в точке $x=2,9$, следовательно, это и будет начальное приближение.

На свободном месте листа задаем значение абсолютной погрешности корня ε равным 0,00001 (ячейка B24).

В ячейках H1:I2 создадим таблицу, как показано на рис. 9.4.

В ячейку I2 вводим формулу

$$=LN(H2)+1,8 \quad (9.7)$$

и копируем ее в ячейку I3.

В ячейку H3 вводим формулу

$$=ЕСЛИ(ABS(I2-H2)<=B\$24;СЦЕПИТЬ("корень ";I2);I2). \quad (9.8)$$

В этой формуле происходит проверка условия (9.4): если разница по модулю между двумя соседними приближениями станет меньше либо равной значению абсолютной погрешности корня, то в ячейке появится значение корня, в противном случае за следующее начальное приближение будет принято значение y . В данном случае нет необходимости вводить переменные $x_1, x_2, \dots, x_n$, так как в расчетах принимают участие два соседних приближения x_{n-1} , обозначенное за x , и x_n , обозначенное за y .

Функция СЦЕПИТЬ используется для представления корня уравнения в виде: «корень={значение корня}».

Копируем формулы (9.7), (9.8) в ячейки H4:I4 до появления в столбце H значения корня (рис. 9.5).

Начальное приближение	$y=\varphi(x)$	Начальное приближение	$y=\varphi(x)$
2,9	2,86471	2,9	$=LN(H2)+1,8$
2,86471	2,85247	$=ЕСЛИ(ABS(I2-H2)<=B\$24;СЦЕПИТЬ("корень ";I2);I2)$	$=LN(H3)+1,8$
2,85247	2,84818	$=ЕСЛИ(ABS(I3-H3)<=B\$24;СЦЕПИТЬ("корень ";I3);I3)$	$=LN(H4)+1,8$
2,84818	2,84668	$=ЕСЛИ(ABS(I4-H4)<=B\$24;СЦЕПИТЬ("корень ";I4);I4)$	$=LN(H5)+1,8$
2,84668	2,84615	$=ЕСЛИ(ABS(I5-H5)<=B\$24;СЦЕПИТЬ("корень ";I5);I5)$	$=LN(H6)+1,8$
2,84615	2,84597	$=ЕСЛИ(ABS(I6-H6)<=B\$24;СЦЕПИТЬ("корень ";I6);I6)$	$=LN(H7)+1,8$
2,84597	2,84590	$=ЕСЛИ(ABS(I7-H7)<=B\$24;СЦЕПИТЬ("корень ";I7);I7)$	$=LN(H8)+1,8$
2,84590	2,84588	$=ЕСЛИ(ABS(I8-H8)<=B\$24;СЦЕПИТЬ("корень ";I8);I8)$	$=LN(H9)+1,8$
2,84588	2,84587	$=ЕСЛИ(ABS(I9-H9)<=B\$24;СЦЕПИТЬ("корень ";I9);I9)$	$=LN(H10)+1,8$
корень 2,84587		$=ЕСЛИ(ABS(I10-H10)<=B\$24;СЦЕПИТЬ("корень ";I10);I10)$	

Рис. 9.4. Вычисление корня методом простой итерации

Таким образом, корень равен 2,84587.

Проведем проверку решения уравнения. Для этого подставим полученное значение корня в уравнение (рис. 9.5).

Р			В		
В	Проверка		В	Проверка	
В	Корень	Подстановка	В	Корень	Подстановка
В	2,84587	0,00000	В	=П10	=LN(D10)-D10+1,8

Рис. 9.5. Проверка решения уравнения $f(x) = \ln(x) - x + 1,8 = 0$

В результате проверки видно, что значение **2,84587** действительно обращает функцию $f(x) = \ln(x) - x + 1,8$ в ноль с абсолютной погрешностью вычислений до 0,00001, следовательно, является корнем уравнения.

9.3. Реализация метода Ньютона

При решении уравнения методом Ньютона каждое приближение вычисляется по формуле

$$x_n = x_{n-1} - \frac{f(x_{n-1})}{f'(x_{n-1})}. \quad (9.9)$$

Процесс вычисления x прекратится при выполнении условия (9.4).

За начальное приближение из двух границ интервала обычно принимают ту, для которой выполняется условие:

$$f(x_0) \cdot f''(x_0) > 0. \quad (9.10)$$

Пример 9.2

Найти все значения функции на промежутке $[0; 2]$, выделить интервал изоляции корня и решить уравнение $f(x) = \sin x - x + 0,15 = 0$ методом Ньютона.

Решение

Табулирование функции проводится так, как описано в примере 9.1.

Результаты табулирования функции представлены на рис. 9.6.

Из полученных значений следует, что интервалом изоляции корня является промежуток $[0,9; 1]$, так как на этом интервале функция меняет знак с положительного на отрицательный.

Это можно увидеть на диаграмме (рис. 9.7).

Находим $f'(x) = \cos x - 1$. Расчетная формула для уравнения по методу Ньютона имеет вид

$$x_n = x_{n-1} - \frac{\sin x_{n-1} - x_{n-1} + 0,15}{\cos x_{n-1} - 1}, \text{ где } n=1, 2, \dots \quad (9.11)$$

Начальное приближение x_0 выбираем таким образом, чтобы выполнялось условие (9.10). Для этого найдем вторую производную функции $f''(x) = -\sin x$.

На свободном месте листа строим таблицу, как показано на рис. 9.8.

В ячейку E3 вводим формулу $= (\text{SIN}(E2) - E2 + 0,15) * (-\text{SIN}(E2))$. Копируем ее в ячейку F3. Результаты представлены на рис. 9.8.

A		B		A		B	
x		f(x)		x		f(x)	
2	0	0,15000		2	0	=SIN(A2)-A2+0,15	
3	0,1	0,14983		3	0,1	=SIN(A3)-A3+0,15	
4	0,2	0,14867		4	0,2	=SIN(A4)-A4+0,15	
5	0,3	0,14552		5	0,3	=SIN(A5)-A5+0,15	
6	0,4	0,13942		6	0,4	=SIN(A6)-A6+0,15	
7	0,5	0,12943		7	0,5	=SIN(A7)-A7+0,15	
8	0,6	0,11464		8	0,6	=SIN(A8)-A8+0,15	
9	0,7	0,09422		9	0,7	=SIN(A9)-A9+0,15	
10	0,8	0,06736		10	0,8	=SIN(A10)-A10+0,15	
11	0,9	0,03333		11	0,9	=SIN(A11)-A11+0,15	
12	1	-0,00853		12	1	=SIN(A12)-A12+0,15	
13	1,1	-0,05879		13	1,1	=SIN(A13)-A13+0,15	
14	1,2	-0,11796		14	1,2	=SIN(A14)-A14+0,15	
15	1,3	-0,18644		15	1,3	=SIN(A15)-A15+0,15	
16	1,4	-0,26456		16	1,4	=SIN(A16)-A16+0,15	
17	1,5	-0,35251		17	1,5	=SIN(A17)-A17+0,15	
18	1,6	-0,45043		18	1,6	=SIN(A18)-A18+0,15	
19	1,7	-0,55834		19	1,7	=SIN(A19)-A19+0,15	
20	1,8	-0,67616		20	1,8	=SIN(A20)-A20+0,15	
21	1,9	-0,80370		21	1,9	=SIN(A21)-A21+0,15	
22	2	-0,94070		22	2	=SIN(A22)-A22+0,15	

Рис. 9.6. Табулирование функции $f(x) = \sin x - x + 0,15$

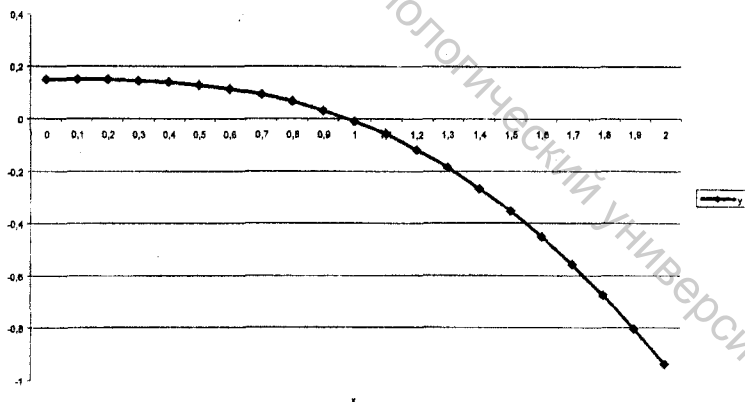


Рис 9.7. График функции $f(x) = \sin x - x + 0,15$ на промежутке $[0; 2]$

D			E		
		Начальная граница			Конечная граница
1		0,9	1		
2	x	0,9	1	x	0,9
3	f(x)*f(x)	-0,02611	0,00718	f(x)*f(x)	=(SIN(E2)-E2+0,15)*(SIN(E2))

Рис. 9.8. Выбор начального приближения

Из полученных значений следует, что условие (9.10) выполняется только для точки $x=1$, следовательно, это и будет начальное приближение.

На свободном месте листа задаем значение абсолютной погрешности корня ε равным 0,00001 (ячейка B24).

Для реализации метода Ньютона на свободном месте листа строим таблицу, как показано на рис. 9.9. В ячейку I2 вводим формулу

$$= \text{SIN}(H2) - H2 + 0,15. \quad (9.12)$$

В ячейку J2 вводим формулу

$$= \text{COS}(H2) - 1. \quad (9.13)$$

В ячейку K2 вводим формулу

$$= H2 - I2 / J2, \quad (9.14)$$

соответствующую формуле (9.9). Копируем эти формулы в ячейки I3:K3.

В ячейку H3 вводим формулу

$$= \text{ЕСЛИ}(\text{ABS}(K2 - H2) <= B\$24; \text{СЦЕПИТЬ}("корень = "; K2); K2). \quad (9.15)$$

В этой формуле происходит проверка условия (9.4): если разница по модулю между двумя соседними приближениями станет меньше либо равной значению абсолютной погрешности корня, то в ячейке появится значение корня, в противном случае за следующее начальное приближение будет принято значение y . В данном случае нет необходимости вводить переменные $x_1, x_2, \dots, x_n$, так как в расчетах принимают участие два соседних приближения x_{n-1} , обозначенное за x , и x_n , обозначенное за y .

Копируем формулы (9.12) - (9.15) в ячейки H4:K4 до появления в столбце H значения корня. Результаты представлены на рис. 9.9 – 9.10.

	Начальное приближение	f(x)	f'(x)	$y = x - f(x)/f'(x)$
1	1	-0,00853	-0,45970	0,98145
2	0,98145	-0,00014	-0,44418	0,98112
3	0,98112	0,00000	-0,44391	0,98112
4	корень 0,981121			

Рис. 9.9. Вычисление корня по методу Ньютона

	Н	М	К
	Начальное приближение	$f(x)$	$y = x \cdot f(x) / f'(x)$
1			
2	=F2	=SIN(H2)-H2+0,15	=COS(H2)-1
3	=ЕСЛИ(ABS(K2-H2)<=B\$24;СЦЕПИТЬ("корень ";K2);K2)	=SIN(H3)-H3+0,15	=COS(H3)-1
4	=ЕСЛИ(ABS(K3-H3)<=B\$24;СЦЕПИТЬ("корень ";K3);K3)	=SIN(H4)-H4+0,15	=COS(H4)-1
5	=ЕСЛИ(ABS(K4-H4)<=B\$24;СЦЕПИТЬ("корень ";K4);K4)		

Рис. 9.10. Расчеты в режиме формул:

Проверка проводится, как указано в примере 9.1.

Из результатов проверки следует, что значение **0,98112161** действительно обращает функцию $f(x) = \sin x - x + 0,15$ в ноль с абсолютной погрешностью вычислений до 0,0001, следовательно, является корнем уравнения.

9.4. Реализация метода половинного деления (дихотомии)

Для нахождения корня уравнения $f(x)=0$, принадлежащего отрезку $[a; b]$, делим отрезок пополам, т.е. выбираем начальное приближение равным

$$x_0 = (a+b) / 2. \quad (9.16)$$

Если $f(x_0)=0$, то x_0 является корнем уравнения. Если $f(x_0) \neq 0$, то выбирают тот из отрезков $[a; x_0]$ или $[x_0; b]$, на концах которого функция имеет противоположные знаки. Полученный отрезок снова делим пополам и проводим тот же анализ до тех пор, пока длина отрезка, на концах которого функция имеет противоположные знаки, не будет меньше заданной абсолютной погрешности корня ε .

Пример 9.3

Найти все значения функции на промежутке $[1; 4]$, выделить интервал изоляции корня и решить уравнение $f(x) = x - \sqrt{9+x} + x^2 - 4 = 0$ методом половинного деления.

Решение

Табулирование функции проводится так, как описано в примере 9.1.

Результаты табулирования функции представлены на рис. 9.11.

Интервалом изоляции корня является промежуток $[2,2; 2,4]$, так как на этом интервале функция меняет знак с отрицательного на положительный.

Это можно увидеть на диаграмме (рис. 9.12).

Для реализации метода половинного деления на свободном месте листа располагаем таблицу, как показано на рис. 9.13.

В ячейке B19 задаем значение абсолютной погрешности корня ε равным 0,00001. В ячейку F2 вводим формулу

$$=СРЗНАЧ(D2:E2), \quad (9.17)$$

которая позволит найти значение x_0 по формуле (9.16).

A		B		A		B	
x		f(x)		x		f(x)	
1	1	-5,16228		1	=A2-КОРЕНЬ(9+A2)+A2^2-4		
2	1,2	-4,55374		2	=A3-КОРЕНЬ(9+A3)+A3^2-4		
3	1,4	-3,86490		3	=A4-КОРЕНЬ(9+A4)+A4^2-4		
4	1,6	-3,09576		4	=A5-КОРЕНЬ(9+A5)+A5^2-4		
5	1,8	-2,24634		5	=A6-КОРЕНЬ(9+A6)+A6^2-4		
6	2	-1,31862		6	=A7-КОРЕНЬ(9+A7)+A7^2-4		
7	2,2	-0,30664		7	=A8-КОРЕНЬ(9+A8)+A8^2-4		
8	2,4	0,78361		8	=A9-КОРЕНЬ(9+A9)+A9^2-4		
9	2,6	1,95412		9	=A10-КОРЕНЬ(9+A10)+A10^2-4		
10	2,8	3,20489		10	=A11-КОРЕНЬ(9+A11)+A11^2-4		
11	3	4,53590		11	=A12-КОРЕНЬ(9+A12)+A12^2-4		
12	3,2	5,94715		12	=A13-КОРЕНЬ(9+A13)+A13^2-4		
13	3,4	7,43884		13	=A14-КОРЕНЬ(9+A14)+A14^2-4		
14	3,6	9,01035		14	=A15-КОРЕНЬ(9+A15)+A15^2-4		
15	3,8	10,66229		15	=A16-КОРЕНЬ(9+A16)+A16^2-4		
16	4	12,39445		16	=A17-КОРЕНЬ(9+A17)+A17^2-4		

Рис. 9.11. Табулирование функции

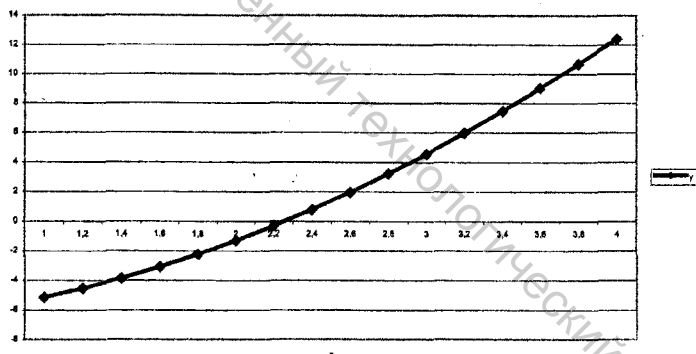


Рис 9.12. График функции $f(x) = x - \sqrt{9+x} + x^2 - 4$ на промежутке $[1; 4]$

Копируем ее в ячейку F3. В ячейку G2 вводим формулу

$$=D2-\text{КОРЕНЬ}(9+D2)+D2^2-4. \quad (9.18)$$

Копируем ее в ячейки H2: I2, после чего копируем введенные формулы в ячейки H3: I3. В ячейку D3 вводим формулу

$$=\text{ЕСЛИ}(\$I2=0;\text{СЦЕПИТЬ}("корень - ";\$D2);\text{ЕСЛИ}(\text{ABS}(H2-G2)<=\$B\$19;\text{СЦЕПИТЬ}("корень - ";\$D2);\text{ЕСЛИ}(\$G2*\$I2<0;D2;F2))). \quad (9.19)$$

Данная формула обеспечивает проверку условия: если значение функции в точке x равно нулю, то x является корнем уравнения, в противном случае проверяется разница между значениями функции в точках границ интервала. Если ее абсолютное значение меньше абсолютной погрешности корня ϵ , то корень есть значение начальной границы интервала, в противном случае проверяется условие $f(a) \cdot f(x) < 0$. Если это условие выполняется, то a равно предыдущему значению a . Если условие не выполняется, то полагаем $a=x$.

В ячейку E3 вводим формулу

=ЕСЛИ(\$I2=0;СЦЕПИТЬ("корень - ";\$D2);ЕСЛИ(ABS(I2-H2)<=\$B\$19; СЦЕПИТЬ("корень - ";\$D2);ЕСЛИ(\$G2*\$I2<0;F2;E2))). (9.20)

Эта формула также обеспечивает проверку условий с той разницей, что при выполнении условия $f(a) \cdot f(x) < 0$ за конечную границу принимается значение x , а в случае невыполнения – предыдущее значение b .

Копируем формулы (9.17) - (9.20) в ячейки D4:I4 до появления в столбце D или E значения корня (рис. 9.13)

	Начальная граница a	Конечная граница b	среднее x	f(a)	f(b)	f(x)
2	2,2	2,4	2,3	-0,30664	0,78361	0,22845
3	2,2	2,3	2,25	-0,30664	0,22845	-0,04160
4	2,25	2,3	2,275	-0,0416	0,22845	0,09280
5	2,25	2,275	2,2625	-0,0416	0,09280	0,02544
6	2,25	2,2625	2,25625	-0,0416	0,02544	-0,00812
7	2,25625	2,2625	2,25938	-0,00812	0,02544	0,00865
8	2,25625	2,25938	2,25781	-0,00812	0,00865	0,00026
9	2,25625	2,25781	2,25703	-0,00812	0,00026	-0,00393
10	2,25703	2,25781	2,25742	-0,00393	0,00026	-0,00183
11	2,25742	2,25781	2,25762	-0,00183	0,00026	-0,00078
12	2,25762	2,25781	2,25771	-0,00078	0,00026	-0,00026
13	2,25771	2,25781	2,25776	-0,00026	0,00026	0,00000
14	2,25771	2,25776	2,25774	-0,00026	0,00000	-0,00013
15	2,25774	2,25776	2,25775	-0,00013	0,00000	-0,00006
16	2,25775	2,25776	2,25776	-0,00006	0,00000	-0,00003
17	2,25776	2,25776	2,25776	-0,00003	0,00000	-0,00002
18	2,25776	2,25776	2,25776	-0,00002	0,00000	-0,00001
19	2,25776	корень - 2,25776	2,257762146	-6,8E-06	#ЗНАЧ!	-0,00001

Рис. 9.13. Вычисление корня уравнения по методу половинного деления

Расчеты в режиме формул представлены на рис. 9.14 – 9.16.

Начальная граница a	
2	2.2
3	=ЕСЛИ(\$I2=0;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D2;ЕСЛИ(ABS(H2-G2)<=\$B\$10;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D2;ЕСЛИ(\$D2*\$I2<D2;F2)))
4	=ЕСЛИ(\$I3=0;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D3;ЕСЛИ(ABS(H3-G3)<=\$B\$10;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D3;ЕСЛИ(\$D3*\$I3<D3;F3)))
5	=ЕСЛИ(\$I4=0;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D4;ЕСЛИ(ABS(H4-G4)<=\$B\$10;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D4;ЕСЛИ(\$D4*\$I4<D4;F4)))
6	=ЕСЛИ(\$I5=0;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D5;ЕСЛИ(ABS(H5-G5)<=\$B\$10;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D5;ЕСЛИ(\$D5*\$I5<D5;F5)))
7	=ЕСЛИ(\$I6=0;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D6;ЕСЛИ(ABS(H6-G6)<=\$B\$10;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D6;ЕСЛИ(\$D6*\$I6<D6;F6)))
8	=ЕСЛИ(\$I7=0;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D7;ЕСЛИ(ABS(H7-G7)<=\$B\$10;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D7;ЕСЛИ(\$D7*\$I7<D7;F7)))
9	=ЕСЛИ(\$I8=0;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D8;ЕСЛИ(ABS(H8-G8)<=\$B\$10;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D8;ЕСЛИ(\$D8*\$I8<D8;F8)))
10	=ЕСЛИ(\$I9=0;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D9;ЕСЛИ(ABS(H9-G9)<=\$B\$10;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D9;ЕСЛИ(\$D9*\$I9<D9;F9)))
11	=ЕСЛИ(\$I10=0;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D10;ЕСЛИ(ABS(H10-G10)<=\$B\$10;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D10;ЕСЛИ(\$D10*\$I10<D10;F10)))
12	=ЕСЛИ(\$I11=0;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D11;ЕСЛИ(ABS(H11-G11)<=\$B\$10;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D11;ЕСЛИ(\$D11*\$I11<D11;F11)))
13	=ЕСЛИ(\$I12=0;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D12;ЕСЛИ(ABS(H12-G12)<=\$B\$10;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D12;ЕСЛИ(\$D12*\$I12<D12;F12)))
14	=ЕСЛИ(\$I13=0;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D13;ЕСЛИ(ABS(H13-G13)<=\$B\$10;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D13;ЕСЛИ(\$D13*\$I13<D13;F13)))
15	=ЕСЛИ(\$I14=0;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D14;ЕСЛИ(ABS(H14-G14)<=\$B\$10;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D14;ЕСЛИ(\$D14*\$I14<D14;F14)))
16	=ЕСЛИ(\$I15=0;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D15;ЕСЛИ(ABS(H15-G15)<=\$B\$10;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D15;ЕСЛИ(\$D15*\$I15<D15;F15)))
17	=ЕСЛИ(\$I16=0;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D16;ЕСЛИ(ABS(H16-G16)<=\$B\$10;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D16;ЕСЛИ(\$D16*\$I16<D16;F16)))
18	=ЕСЛИ(\$I17=0;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D17;ЕСЛИ(ABS(H17-G17)<=\$B\$10;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D17;ЕСЛИ(\$D17*\$I17<D17;F17)))
19	=ЕСЛИ(\$I18=0;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D18;ЕСЛИ(ABS(H18-G18)<=\$B\$10;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D18;ЕСЛИ(\$D18*\$I18<D18;F18)))

Рис. 9.14. Расчеты в режиме формул

Конечная граница b	
2	2.4
3	=ЕСЛИ(\$I2=0;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D2;ЕСЛИ(ABS(H2-H2)<=\$B\$10;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D2;ЕСЛИ(\$D2*\$I2<F2;E2)))
4	=ЕСЛИ(\$I3=0;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D3;ЕСЛИ(ABS(H3-H3)<=\$B\$10;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D3;ЕСЛИ(\$D3*\$I3<F3;E3)))
5	=ЕСЛИ(\$I4=0;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D4;ЕСЛИ(ABS(H4-H4)<=\$B\$10;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D4;ЕСЛИ(\$D4*\$I4<F4;E4)))
6	=ЕСЛИ(\$I5=0;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D5;ЕСЛИ(ABS(H5-H5)<=\$B\$10;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D5;ЕСЛИ(\$D5*\$I5<F5;E5)))
7	=ЕСЛИ(\$I6=0;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D6;ЕСЛИ(ABS(H6-H6)<=\$B\$10;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D6;ЕСЛИ(\$D6*\$I6<F6;E6)))
8	=ЕСЛИ(\$I7=0;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D7;ЕСЛИ(ABS(H7-H7)<=\$B\$10;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D7;ЕСЛИ(\$D7*\$I7<F7;E7)))
9	=ЕСЛИ(\$I8=0;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D8;ЕСЛИ(ABS(H8-H8)<=\$B\$10;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D8;ЕСЛИ(\$D8*\$I8<F8;E8)))
10	=ЕСЛИ(\$I9=0;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D9;ЕСЛИ(ABS(H9-H9)<=\$B\$10;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D9;ЕСЛИ(\$D9*\$I9<F9;E9)))
11	=ЕСЛИ(\$I10=0;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D10;ЕСЛИ(ABS(H10-H10)<=\$B\$10;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D10;ЕСЛИ(\$D10*\$I10<F10;E10)))
12	=ЕСЛИ(\$I11=0;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D11;ЕСЛИ(ABS(H11-H11)<=\$B\$10;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D11;ЕСЛИ(\$D11*\$I11<F11;E11)))
13	=ЕСЛИ(\$I12=0;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D12;ЕСЛИ(ABS(H12-H12)<=\$B\$10;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D12;ЕСЛИ(\$D12*\$I12<F12;E12)))
14	=ЕСЛИ(\$I13=0;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D13;ЕСЛИ(ABS(H13-H13)<=\$B\$10;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D13;ЕСЛИ(\$D13*\$I13<F13;E13)))
15	=ЕСЛИ(\$I14=0;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D14;ЕСЛИ(ABS(H14-H14)<=\$B\$10;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D14;ЕСЛИ(\$D14*\$I14<F14;E14)))
16	=ЕСЛИ(\$I15=0;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D15;ЕСЛИ(ABS(H15-H15)<=\$B\$10;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D15;ЕСЛИ(\$D15*\$I15<F15;E15)))
17	=ЕСЛИ(\$I16=0;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D16;ЕСЛИ(ABS(H16-H16)<=\$B\$10;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D16;ЕСЛИ(\$D16*\$I16<F16;E16)))
18	=ЕСЛИ(\$I17=0;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D17;ЕСЛИ(ABS(H17-H17)<=\$B\$10;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D17;ЕСЛИ(\$D17*\$I17<F17;E17)))
19	=ЕСЛИ(\$I18=0;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D18;ЕСЛИ(ABS(H18-H18)<=\$B\$10;СЦЕПИТЬ"корень"-"\$D18;ЕСЛИ(\$D18*\$I18<F18;E18)))

Рис. 9.15. Продолжение расчетов в режиме формул

Проверка проводится так, как указано в примере 9.1. В результате проверки видно, что значение 2,25776 действительно обращает функцию $f(x) = x - \sqrt{9 + x + x^2} - 4$ в ноль с абсолютной погрешностью вычислений до 0,0001, следовательно, является корнем уравнения.

правильное x	$f(x)$	$f'(x)$	$f''(x)$
=СР3НАЧ(02;Е2)	=D2-КОРЕНЬ(0;D2)*D2^2,4	=E2-КОРЕНЬ(0;E2)*E2^2,4	=F2-КОРЕНЬ(0;F2)*F2^2,4
=СР3НАЧ(03;Е3)	=D3-КОРЕНЬ(0;D3)*D3^2,4	=E3-КОРЕНЬ(0;E3)*E3^2,4	=F3-КОРЕНЬ(0;F3)*F3^2,4
=СР3НАЧ(04;Е4)	=D4-КОРЕНЬ(0;D4)*D4^2,4	=E4-КОРЕНЬ(0;E4)*E4^2,4	=F4-КОРЕНЬ(0;F4)*F4^2,4
=СР3НАЧ(05;Е5)	=D5-КОРЕНЬ(0;D5)*D5^2,4	=E5-КОРЕНЬ(0;E5)*E5^2,4	=F5-КОРЕНЬ(0;F5)*F5^2,4
=СР3НАЧ(06;Е6)	=D6-КОРЕНЬ(0;D6)*D6^2,4	=E6-КОРЕНЬ(0;E6)*E6^2,4	=F6-КОРЕНЬ(0;F6)*F6^2,4
=СР3НАЧ(07;Е7)	=D7-КОРЕНЬ(0;D7)*D7^2,4	=E7-КОРЕНЬ(0;E7)*E7^2,4	=F7-КОРЕНЬ(0;F7)*F7^2,4
=СР3НАЧ(08;Е8)	=D8-КОРЕНЬ(0;D8)*D8^2,4	=E8-КОРЕНЬ(0;E8)*E8^2,4	=F8-КОРЕНЬ(0;F8)*F8^2,4
=СР3НАЧ(09;Е9)	=D9-КОРЕНЬ(0;D9)*D9^2,4	=E9-КОРЕНЬ(0;E9)*E9^2,4	=F9-КОРЕНЬ(0;F9)*F9^2,4
=СР3НАЧ(10;Е10)	=D10-КОРЕНЬ(0;D10)*D10^2,4	=E10-КОРЕНЬ(0;E10)*E10^2,4	=F10-КОРЕНЬ(0;F10)*F10^2,4
=СР3НАЧ(11;Е11)	=D11-КОРЕНЬ(0;D11)*D11^2,4	=E11-КОРЕНЬ(0;E11)*E11^2,4	=F11-КОРЕНЬ(0;F11)*F11^2,4
=СР3НАЧ(12;Е12)	=D12-КОРЕНЬ(0;D12)*D12^2,4	=E12-КОРЕНЬ(0;E12)*E12^2,4	=F12-КОРЕНЬ(0;F12)*F12^2,4
=СР3НАЧ(13;Е13)	=D13-КОРЕНЬ(0;D13)*D13^2,4	=E13-КОРЕНЬ(0;E13)*E13^2,4	=F13-КОРЕНЬ(0;F13)*F13^2,4
=СР3НАЧ(14;Е14)	=D14-КОРЕНЬ(0;D14)*D14^2,4	=E14-КОРЕНЬ(0;E14)*E14^2,4	=F14-КОРЕНЬ(0;F14)*F14^2,4
=СР3НАЧ(15;Е15)	=D15-КОРЕНЬ(0;D15)*D15^2,4	=E15-КОРЕНЬ(0;E15)*E15^2,4	=F15-КОРЕНЬ(0;F15)*F15^2,4
=СР3НАЧ(16;Е16)	=D16-КОРЕНЬ(0;D16)*D16^2,4	=E16-КОРЕНЬ(0;E16)*E16^2,4	=F16-КОРЕНЬ(0;F16)*F16^2,4
=СР3НАЧ(17;Е17)	=D17-КОРЕНЬ(0;D17)*D17^2,4	=E17-КОРЕНЬ(0;E17)*E17^2,4	=F17-КОРЕНЬ(0;F17)*F17^2,4
=СР3НАЧ(18;Е18)	=D18-КОРЕНЬ(0;D18)*D18^2,4	=E18-КОРЕНЬ(0;E18)*E18^2,4	=F18-КОРЕНЬ(0;F18)*F18^2,4
=СР3НАЧ(19;Е19)	=D19-КОРЕНЬ(0;D19)*D19^2,4	=E19-КОРЕНЬ(0;E19)*E19^2,4	=F19-КОРЕНЬ(0;F19)*F19^2,4

Рис. 9.16. Продолжение расчетов в режиме формул

9.5. Выбор метода решения уравнения

При анализе технологических процессов метод решения уравнения заранее неизвестен, поэтому во избежание больших затрат времени на решение следует проанализировать исходное уравнение.

Для определения метода решения уравнения будем руководствоваться следующими положениями:

1. Если на отрезке $[a,b]$, содержащем корень уравнения (9.2), а также его последовательные приближения $x_0, x_1, \dots, x_n$, вычисляемые по формуле (9.3), выполнено условие:

$$|\phi'(x)| \leq q < 1, \quad (9.21)$$

то процесс итераций сходится, т.е. увеличивая n , можно получить приближение, сколь угодно мало отличающееся от истинного значения корня

2. Метод Ньютона эффективен для решения тех уравнений, для которых значение модуля производной близ корня достаточно велико, т.е. график функции $f(x)$ в окрестности данного корня имеет большую крутизну.

3. Метод половинного деления целесообразно использовать в случае, если вид функции $f(x)$ достаточно сложный и вычисление функций $f'(x)$ в методе Ньютона и $\phi'(x)$, необходимой для оценки сходимости в методе итераций, затруднительно.

При практическом нахождении корней по методу итераций нужно при переходе от уравнения $f(x)=0$ к уравнению (9.2) стремиться представить $\phi(x)$ так, чтобы производная $\phi'(x)$ по абсолютной величине была возможно меньше 1. В этом случае корень будет всегда найден, и чем меньше величина q , тем меньшее число итераций для этого потребуется.

Для приведения уравнения к виду (9.2) может быть применен следующий прием, обеспечивающий выполнение неравенства (9.21). Пусть

$$0 \leq m_1 \leq f'(x) \leq M_1 \quad (9.22)$$

при $a \leq x \leq b$, где m_1 – наименьшее значение производной $f'(x)$,

M_1 – наибольшее значение производной $f'(x)$ на отрезке $[a, b]$.

Если производная отрицательная, то вместо уравнения $f(x)=0$ рассмотрим уравнение $-f(x)=0$.

Заменяем уравнение $f(x)=0$ эквивалентным ему уравнением $x = x - \lambda f(x)$, $\lambda > 0$.

Подберем параметр λ таким, чтобы выполнялось неравенство

$$0 \leq \phi'(x) = 1 - \lambda f'(x) \leq q < 1 \quad (9.23)$$

при $a \leq x \leq b$.

Учитывая условие (9.23), можно выбрать

$$\lambda = 1/M_1 \quad (9.24)$$

$$q = \frac{1 - m_1}{M_1}, \quad (9.25)$$

при этом условие сходимости метода итераций будет выполнено.

Метод Ньютона имеет самую высокую скорость сходимости из всех итерационных процессов.

Метод половинного деления (дихотомии) позволяет значительно уменьшить объем вычислений. Так как за каждую итерацию интервал изоляции корня уменьшается в 2 раза, то через n итераций интервал будет равен $(b-a)/2^n$, т.е. уменьшая шаг табулирования функции на заданном промежутке $[a, b]$, можно получить такой интервал изоляции корня, при котором количество итераций при вычислении корня будет минимальным.

Пример 9.4

Определить метод решения следующих уравнений:

$$e^x - e^{-x} - 2 = 0, \quad (9.26)$$

$$\sin(\ln(x)) - \cos(\ln(x)) + 2 \ln(x) = 0, \quad (9.27)$$

$$e^x + \ln x - 10x = 0 \quad (9.28)$$

Решение

Выделим интервалы изоляции корня и построим графики функций. Для этого проведем табулирование исходных функций, как указано в примере 9.1, и построим их графики (рис 9.18 – 9.20). Результаты табулирования функций представлены на рис. 9.17.

A		B		C		D		E		F	
$f(x) = \exp(x) - \exp(-x) - 2$		$f(x) = \sin(\ln(x)) - \cos(\ln(x)) + 2 \ln(x)$		x		$f(x)$		x		$f(x) = \exp(x) + \ln(x) - 10x$	
2	x		f(x)		x		f(x)		x		f(x)
3	-2		-9.25372		0.1		-0.02779		2.5		-11.90122
4	-1.8		-7.88435		0.2		-0.98812		2.6		-11.58075
5	-1.6		-6.75114		0.3		-0.30748		2.7		-11.12702
6	-1.4		-5.80860		0.4		0.00768		2.8		-10.52573
7	-1.2		-5.01892		0.5		-0.20470		2.9		-9.76114
8	-1		-4.36040		0.6		-0.52195		3		-8.91685
9	-0.8		-3.77621		0.7		-0.74249		3.1		-7.97095
10	-0.6		-3.27331		0.8		-0.84540		3.2		-6.90432
11	-0.4		-2.82150		0.9		-0.87031		3.3		-5.69344
12	-0.2		-2.40267		1		-0.84147		3.4		-4.28121
13	0		-2.00000		1.1		-0.76050		3.5		-2.63179
14	0.2		-1.59739		1.2		-0.62238		3.6		1.07917
15	0.4		-1.17890		1.3		-0.42914		3.7		4.76564
16	0.6		-0.72669		1.4		-0.19463		3.8		8.03619
17	0.8		-0.22379		1.5		0.05940		3.9		11.76943
18	1		0.36040		1.6		0.30497		4		15.98444
19	1.2		1.01892		1.7		0.52415		4.1		20.76127
20	1.4		1.80860		1.8		0.70268		4.2		26.12142
21	1.6		2.75114		1.9		0.83660		4.3		32.15841
22	1.8		3.88435		2		0.82486		4.4		38.83247
23	2		5.25372		2.1		0.97597		4.5		46.52121

Рис. 9.17. Результаты табулирования функций

В результате табулирования функции можно выделить следующие интервалы изоляции корней: для уравнения (9.26) - $[0,8; 1]$, для уравнения (9.27) - $[0,8; 0,9]$, для уравнения (9.28) - $[3,5; 3,6]$.

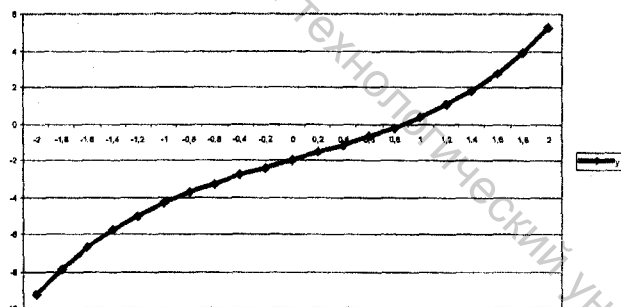


Рис. 9.18. График функции $e^x - e^{-x} - 2$

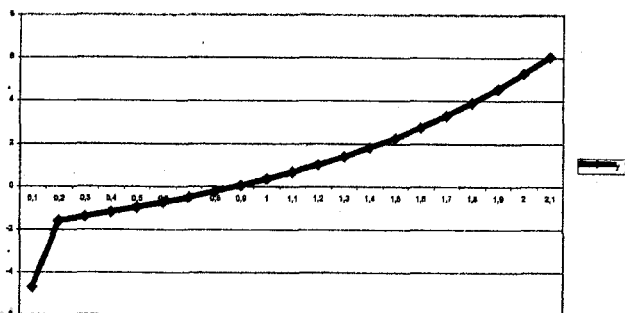


Рис 9.19. График функции $\sin(\ln(x)) - \cos(\ln(x)) + 2 \ln(x)$

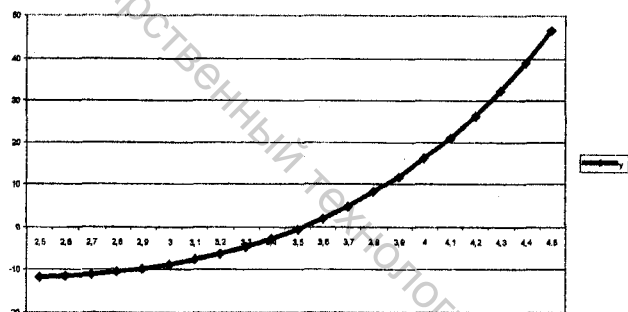


Рис 9.20. График функции $e^x + \ln x - 10x$

Уравнение $e^x - e^{-x} - 2 = 0$ имеет сложный вид для приведения его к виду (9.2) для решения методом итераций, однако график функции вблизи корня имеет большую крутизну, что подтверждается расчетом значений производных $f'(x) = e^x + e^{-x}$ близ корня. Расчеты представлены в таблице. Поэтому для решения данного уравнения целесообразно использовать метод Ньютона.

Уравнение $\sin(\ln(x)) - \cos(\ln(x)) + 2 \ln(x) = 0$ также имеет сложный вид, приведение его к виду (8.2) для решения методом итераций затруднительно. Для этого можно представить $t = \ln(x)$, решить уравнение вида $\sin(t) - \cos(t) + 2t = 0$, и затем решить уравнение $t = \ln(x)$, что потребует длительных и сложных вычислений. Решать уравнение методом Ньютона нецелесообразно, так как значения мо-

дулей производных $f'(x) = \frac{\cos(\ln(x))}{x} + \frac{\sin(\ln(x))}{x} + \frac{2}{x}$ близ корня невелики, т.е. график функции $f(x)$ в окрестности данного корня не имеет большой крутизны. Следовательно, при решении данного уравнения необходимо использовать *метод половинного деления*.

Уравнение $e^x + \ln x - 10x = 0$ легко можно привести к виду (9.2). Для этого достаточно оставить x в левой части, а все остальное перенести в правую часть:

$10x = e^x + \ln(x) \Rightarrow x = \frac{e^x + \ln(x)}{10}$. Для сходимости метода итераций необходимо выполнение условия (9.21). Найдем производную $\phi'(x) = 0,1e^x + \frac{0,1}{x}$ и ее значения в

граничных точках интервала изоляции корня. Расчеты представлены в таблице. Так как условие (9.21) не выполняется, то для решения данного уравнения метод итераций использовать нельзя. Значения модулей производных $f'(x) = e^x + \frac{1}{x} - 10$ близ корня достаточно велики, т.е. график функции $f(x)$ в окрестности данного корня имеет большую крутизну, следовательно, для решения данного уравнения можно использовать *метод Ньютона*.

Результаты расчета производных представлены на рис. 9.21.

	x1	x2		x1	x2		x1	x2
x	0,8	1		0,8	0,9		3,5	3,6
f(x)	2,675	3,086		3,442	3,210		23,401	26,876
$\phi'(x)$							3,340	3,688

Рис. 9.21. Расчет производных

Использование *метода дихотомии* для решения уравнений (9.26) и (9.28) возможно в том случае, если табулирование функции проведено с таким значением шага, которое обеспечит решение уравнения с минимальным количеством итераций.

9.6. Решение уравнений с использованием инструмента «Подбор параметра»

Этот прием позволяет решать уравнения, не производя сложных математических расчетов.

Пример 9.5

Решить уравнение из примера 9.1, используя инструмент «Подбор параметра».

Решение

Найдем все значения функции и выделим интервал изоляции корня (см. пример 8.1). Корень находится на интервале $[2,8; 2,9]$. На свободном месте листа создаем таблицу, как показано на рис. 9.22.

В ячейке E2 указываем значение одной из границ интервала, например, 2,8.

В ячейку E3 вводим формулу $=LN(E2) - E2 + 1,8$, которая задает исходную функцию.

Параметр	Значение	Параметр	Значение
x	2,8	x	2,8
f(x)	0,02962	f(x)	=LN(E2)-E2+1,8

Рис. 9.22. Исходные данные для решения уравнения с использованием инструмента «Подбор параметра»

Из меню *Сервис* вызываем команду *Подбор параметра* (рис.9.23). В открывшемся окне в строке *Установить ячейку* указываем ячейку E3, в окне *Значение – 0*, в окне *Изменяя ячейки* – $\$E\2 .

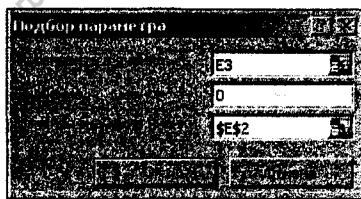


Рис 9.23. Установка параметров

Результаты подбора параметра представлены на рис. 9.24, результаты решения уравнения с использованием инструмента «Подбор параметра» - на рис. 9.25.

Из решения уравнения с использованием инструмента «Подбор параметра» следует, что корнем уравнения $f(x) = \ln(x) - x + 1,8 = 0$ с точностью до 0,0001 является значение $x = 2,84595$.

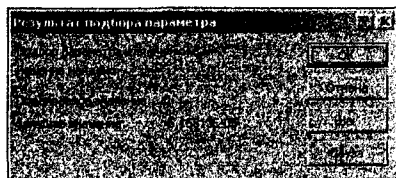


Рис 9.24. Результат подбора параметра

П	П	П	П
Параметр	Значение	Параметр	Значение
x	2,84595	x	2,8459478605577
f(x)	-0,00005	f(x)	=LN(E2)-E2+1,8

Рис. 9.25. Результат решения уравнения

Сравнивая значения, полученные в результате решений уравнения методом итераций (пример 9.1) и с использованием инструмента «Подбор параметра», можно сделать вывод, что, несмотря на простоту решения инструмент «Подбор параметра» обеспечивает вычисление корня с точностью до 0,0001, реализация же метода итераций позволила получить значение корня с точностью до 0,00001. Поэтому при вычислении корня с заданной абсолютной погрешностью ε необходимо использовать один из численных методов.

9.7. Задания для самостоятельной работы

Выделить интервал изоляции корня уравнения, определить метод решения нелинейного уравнения и вычислить корень с точностью $\varepsilon = 10^{-4}$. При решении возможно использование собственных функций, написанных на языке Visual Basic.

Вариант	Уравнение
1.	$2 \sin \sqrt{x} + 0,28x - 1,2 = 0$
2.	$2e^{-x} - 2e^x - 1 = 0$
3.	$x - 2\sqrt{x} + 3 \cdot \sqrt[3]{x} - 4 = 0$
4.	$2,7 + \sin \sqrt{x} - x = 0$
5.	$\cos x - \frac{1}{2} \cos^2 x + \frac{1}{4} \cos^4 x - \frac{1}{8} = 0$
6.	$2 - x + \cos x + \ln(x+3) = 0$
7.	$e^x + \ln 2x - 4,2x = 0$
8.	$\sin \frac{2}{x} + \frac{1}{3} \cos \frac{4}{x} - \frac{3}{x} + \frac{1}{5} = 0$
9.	$2x + 14 - e^x + e^{-x} = 0$
10.	$0,5x - \frac{2}{5 + \cos(3,2x)} = 0$

Вариант	Уравнение
11.	$2 \ln x^2 + 4,3 \ln x - 2,9 = 0$
12.	$x + \sin(x^{0,31} + 5,4) = 0$
13.	$\sin^2 \frac{x}{2} + \cos^2 \frac{x}{4} - 6x = 0$
14.	$x - \sin(1 - 0,3x^3) = 0$
15.	$2x \ln x - \sin x + \cos x = 0$
16.	$0,4 \cdot 2^x - 6,7x + 3 = 0$
17.	$\ln x + x - 3,4 = 0$
18.	$0,3x^2 - 2,1x \cdot \ln x = 0$
19.	$\sqrt{2-x} - \sqrt[4]{2+x} + 1 = 0$
20.	$2,8x - 1,3 \ln x - e^x = 0$

ГЛАВА 10. СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ. ЭЛЕМЕНТЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

Обработка статистических данных уже давно применяется в самых разнообразных видах человеческой деятельности. Трудно назвать ту сферу, в которой она бы не использовалась. Но, пожалуй, ни в одной области знаний и практической деятельности обработка статистических данных не играет такой исключительно большой роли, как в экономике, имеющей дело с обработкой и анализом огромных массивов информации о социально-экономических явлениях и процессах. Всесторонний и глубокий анализ этой информации, так называемых статистических данных, предполагает использование различных специальных методов, основанных, например, на регрессионном или корреляционном анализе, аппарате экспертных систем или нечеткой логике, наиболее современные – на нейросетевых решениях и генетических алгоритмах. По сути, использование каждого из перечисленных подходов позволяет с большей или меньшей степенью достоверности построить экономико-математическую модель и на ее основе прогнозировать поведение рассматриваемого объекта.

В большинстве случаев между экономическими явлениями не существует строгой функциональной взаимосвязи, поэтому в экономике чаще говорят не о функциональных, а о стохастических (случайных) зависимостях. При рассмотрении таких взаимосвязей выделяют одну из величин как зависимую (Y), а другие – как независимые ($x_1, x_2, \dots, x_n$). Используя методы, например, корреляционного и регрессионного анализа, выявляют наличие или отсутствие связи между этими величинами. На основании выявленных взаимосвязей, рассчитывают модель, оценивают ее адекватность, и, как следствие, возможность использования для прогнозирования будущих результатов.

В регрессионных моделях зависимая переменная Y может быть представлена в виде функции независимых переменных $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$.

При рассмотрении зависимости двух случайных величин говорят о парной регрессии. Зависимость нескольких переменных называют множественной регрессией. Иначе говоря, в зависимости от количества включенных в модель факторов x , модели делятся на *однофакторные* и *многофакторные*.

Расчет модели и построение прогнозов является процессом достаточно трудоемким, основанным на большом количестве вычислений. Поэтому использование стандартных функций, входящих в пакеты прикладных и специальных программ, значительно облегчает статистический анализ данных. Некоторые функции статистического анализа встроены и в MS Excel в категорию «статистические». В последних версиях Excel их более восьмидесяти. Они служат как для расчета статистических характеристик объекта – ВЕРОЯТНОСТЬ, ДИСП, КОРРЕЛ, КОВАР, ФРАСПРОВБ и др., так и для предсказания поведения

объекта на основе заданного вида модели – НАКЛОН, ОТРЕЗОК, ЛИНЕЙН, ТЕНДЕНЦИЯ, ПРЕДСКАЗ, ЛГРФПРИБЛ, РОСТ и др.

Для отображения взаимосвязи зависимой (Y) и независимых ($x_1, x_2, \dots, x_n$) переменных могут использоваться различные виды функциональных зависимостей: полиномиальная (и как частный случай – линейная), степенная, параболическая, логарифмическая и многие другие. Встроенные функции Excel с достаточной степенью вероятности позволяют рассчитывать и оценивать модели только двух видов: линейную и экспоненциальную. При помощи графических средств можно получить прогнозы на будущие периоды для полиномиальной, логарифмической и степенной моделей, но рассчитать эти модели и оценить их адекватность по всем статистическим критериям в этом случае не представляется возможным.

10.1. Линейная регрессионная модель

В практической работе наибольшее распространение получили модели линейной зависимости.

Линейная *однофакторная* модель – это уравнение прямой на плоскости, которая может быть описана уравнением

$$Y = mx + b, \quad (10.1)$$

где m – коэффициент уравнения регрессии, представляющий собой тангенс угла наклона прямой $Y=f(x)$ к оси OX ;

b – свободный член, равный значению точки пересечения прямой $Y=f(x)$ с осью OY .

Линейная *многофакторная* модель представляет собой уравнение прямой в многомерном пространстве и имеет вид:

$$Y = b + m_1 x_1 + m_2 x_2 + \dots + m_n x_n, \quad (10.2)$$

где $x_1, \dots, x_n$ – независимые переменные (факторы);

Y – зависимая переменная;

$m_0, \dots, m_n$ – коэффициенты уравнения регрессии.

Для расчета линейных моделей Excel располагает рядом функций, работа которых основана на методе наименьших квадратов: ЛИНЕЙН, НАКЛОН, ОТРЕЗОК, ПРЕДСКАЗ, ТЕНДЕНЦИЯ. Причем функции ЛИНЕЙН и ТЕНДЕНЦИЯ могут использоваться как для расчета однофакторных, так и многофакторных моделей, в то время как НАКЛОН, ОТРЕЗОК, ПРЕДСКАЗ помогут рассчитать только однофакторные модели.

Регрессионный анализ предполагает не только расчет параметров модели, но и оценку ее адекватности по некоторым статистическим характеристикам.

Часть этих характеристик можно получить как результат работы некоторых стандартных функций, например, ЛИНЕЙН, КОРРЕЛ. Для проведения полного корреляционно-регрессионного анализа Excel предлагает специальную настройку «пакет анализа».

Рассмотрим поочередно перечисленные функции.

10.1.1. Функции НАКЛОН и ОТРЕЗОК

Параметры *линейной однофакторной модели* вида (10.1) проще всего определить с помощью функций НАКЛОН и ОТРЕЗОК.

Коэффициент наклона линии линейной регрессии m вычисляется из выражения:

$$m = \frac{n \sum xy - \sum x \cdot \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}. \quad (10.3)$$

Функция НАКЛОН на основании формулы (10.3) и определяет этот коэффициент

Формат

НАКЛОН (известные_значения_Y; известные_значения_X)

Известные_значения_X – это массив независимого множества наблюдаемой величины,

Известные_значения_Y – это массив зависимого множества наблюдаемой величины.

Если аргумент известные_значения_X опущен, то предполагают, что это массив значений 1, 2, 3, ..., n той же длины, что и аргумент известные_значения_Y.

Уравнение для точки пересечения линии линейной регрессии имеет вид:

$$b = \bar{y} - m\bar{x}, \quad \text{где } \bar{x} = \frac{\sum x}{n}, \quad \bar{y} = \frac{\sum y}{n}. \quad (10.4)$$

Функция ОТРЕЗОК на основании формул (10.4) вычисляет точку пересечения линии линейной регрессии с осью Y.

Формат

ОТРЕЗОК (известные_значения_Y; известные_значения_X)

Аргументы аналогичны аргументам функции НАКЛОН.

Использование этих функций рассмотрим на примере.

Пример 10.1.

Проанализируем производство промышленной продукции в Беларуси в период 1997–2003 г.г. на основании данных, размещенных в таблице 10.1 [11]:

Примем за независимую переменную X номер анализируемого периода, а в качестве зависимой переменной Y – объем выпуска тканей за эти годы.

Необходимо построить линейную модель вида (10.1), которая наилучшим образом описывает наблюдаемые значения.

Таблица 10.1. Производство промышленной продукции

Год	Ткани всех видов, млн. кв. м
1997	243
1999	265
2001	262
2002	254
2003	257

Решение

Разместим таблицу с исходными данными в ячейках B2:C7 рабочего листа Excel, как показано на рисунке 10.1. В ячейках A3:A7 для удобства вычислений искусственно пронумеруем рассматриваемые периоды в хронологическом порядке и используем эти значения в качестве аргумента Известные_значения_X. В ячейках A13:B13 найдем значения коэффициентов регрессии m и b.

Для вычисления коэффициента m используем функцию НАКЛОН (C3:C7;A3:A7). Она вернет результат, равный -1,88.

Для вычисления коэффициента b используем функцию ОТРЕЗОК (C3:C7;A3:A7). Она вернет результат, равный 269,07.

Таким образом, в результате расчета (см. рис.10.2) получим регрессионную однофакторную модель вида

$$Y = -1,88X + 269,07$$

10.1.2. Функция КОРРЕЛ

Адекватность модели можно оценить с помощью коэффициента детерминированности R^2 , который равен квадрату коэффициента корреляции и показывает, насколько точно уравнение, полученное с помощью регрессионного анализа, объясняет взаимосвязи между переменными.

Коэффициент корреляции R, в свою очередь, рассчитывается при помощи функции КОРРЕЛ и должен находиться в пределах от -1 до +1. Его положительное значение свидетельствует о прямой связи, отрицательное – об обратной, т.е. при увеличении одной переменной, другая переменная уменьшается. Чем ближе его абсолютное значение к единице, тем теснее связь. Связь считается достаточно сильной, если коэффициент корреляции по абсолютной величине превышает 0,7, и слабой, если меньше 0,4.

Формат

КОРРЕЛ(массив1; массив2)

Массив1, массив2 – анализируемые массивы или интервалы значений.

Для вычисления коэффициента детерминированности R^2 используем функцию $\text{КОРРЕЛ}(С3:С7;В3:В7)^2$, которую введем в ячейку С13 (см. рис. 10.1, 10.2).

m = НАКЛОН(С3:С7;А3:А7)		
В		
Пример 10.1		
№ периода	Год	Ткань, млн. кв. м.
1	1997	266
3	1999	265
5	2001	262
6	2002	254
7	2003	257
10	2006	=ОКРУГЛ(м*А8+б;0)
12	2008	=ОКРУГЛ(м*А9+б;0)
m	b	R
=НАКЛОН(С3:С7;А3:А7)	=ОТРЕЗОК(С3:С7;А3:А7)	=КОРРЕЛ(С3:С7;В3:В7)^2

Рис. 10.1. Расчет параметров регрессионной модели

Пример 10.1		
№ периода	Год	Ткань, млн. кв. м.
1	1997	266
3	1999	265
5	2001	262
6	2002	254
7	2003	257
10	2006	250
12	2008	247

Рис. 10.2. Параметры регрессионной модели

Коэффициент детерминированности $R^2 = 0,767$, что говорит о том, что почти 77% изучаемых факторов учитывается при расчете результативного признака Y, то есть построенную модель с достаточной степенью вероятности можно считать адекватной и использовать для прогнозирования результатов.

В соответствии с полученным уравнение регрессии в строках 8 - 9 рассчитаем прогноз выпуска тканей на 2006 и 2008 годы, для чего в полученное уравнение регрессии подставим номера периодов (ячейки А8 и А9), на которые выполняется прогноз (см. рис. 10.1 и 10.2).

Для наглядности ячейке А13 присвоено имя m, ячейке В13 – имя b.

Таким образом, в ячейку С8 следует ввести формулу =ОКРУГЛ(м*А8+б;0), в ячейку С9 – формулу = ОКРУГЛ(м*А9+б;0).

Полученные результаты – 250 млн. кв. м. в 2006 г. и 247 млн. кв. м. в 2008 г. позволяют сделать вывод о тенденции к уменьшению объема выпуска тканей в Беларуси.

10.1.3. Расчет однофакторной регрессионной модели графическим способом

Коэффициенты m и b можно найти и другим способом. Построим график для анализируемого набора данных. Для того, чтобы график был достоверным, необходимо использовать одинаковую продолжительность всех временных периодов с включением всех результатов наблюдений. При отсутствии данных (за 1998 и 2000 годы) и предположив линейную зависимость, их можно заполнить приблизительными значениями: рассчитать средний результат наблюдений за предшествующие и последующие периоды.

Подготовленные таким образом данные для графика (ячейки E3:G9) и сам график с линией тренда, уравнением регрессии и значением R^2 – представлены на рисунке 10.3.

Линия тренда и ее параметры выводятся на график с помощью команды *Добавить линию тренда* динамического меню.

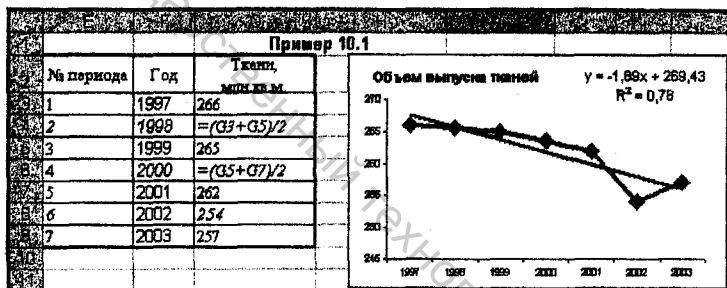


Рис. 10.3. Расчет однофакторной линейной регрессионной модели графическим способом

Значения коэффициентов уравнения регрессии m и b и коэффициента детерминированности R^2 , полученные графическим способом, и рассчитанные с помощью функций НАКЛОН, ОТРЕЗОК и КОРРЕЛ практически совпали, то есть оба способа расчета равнозначны.

В рассмотренном примере выбранный вид зависимости оказался удачным, а само уравнение регрессии – адекватным. Об этом свидетельствует значение коэффициента детерминированности $R^2=0,767$. Чаше бывает иначе: любые статистические данные или результаты хозяйственной деятельности предприятий, собранные за разные временные периоды, далеко не всегда можно описать регрессионными моделями именно линейного вида. Практика показала, что линейные модели адекватны при построении краткосрочных прогнозов (до трех лет). При построении среднесрочных и долгосрочных прогнозов необходимо учитывать как положение предприятия во внешней среде, так и показате-

ли, учитывающие внутренние ресурсы предприятия. Приходится выполнять трудоемкие расчеты по оценке значимости анализируемых факторов, подбору вида модели, оценке ее адекватности. Графический способ расчета однофакторной регрессионной модели средствами MS Excel позволяет сделать это достаточно просто и наглядно.

Проанализируем выпуск детской обуви в Беларуси в период 1997–2003 г.г. [11].

Разместим таблицу с исходными данными в ячейках B3:C10 рабочего листа Excel, отразим графически динамику производства за рассматриваемые периоды и построим линейный тренд с выводом его параметров (см. рис. 10.4).

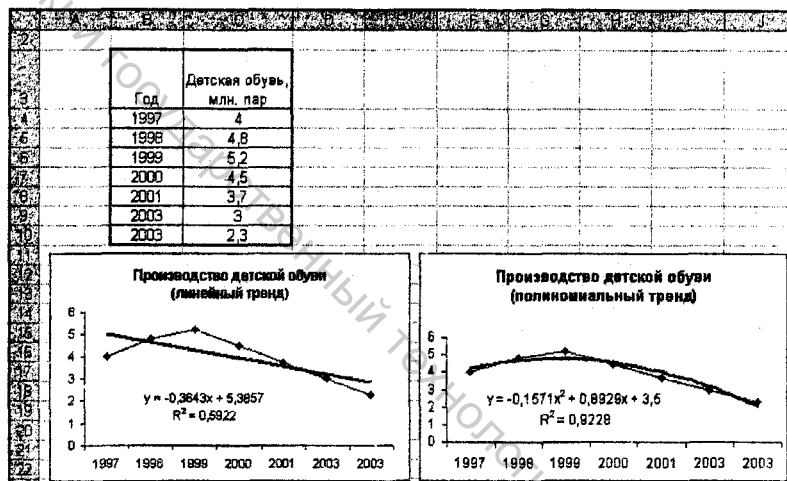


Рис. 10.4. Подбор вида регрессионной модели графическим способом

Судя по коэффициенту детерминированности $R^2 = 0,5922$, построенная линейная модель неадекватна и не может использоваться для построения прогнозов.

Пользуясь графическими возможностями MS, пробуем подобрать другой вид модели. Вкладка Тип окна Линия тренда (см. рис. 10.5), вызываемого из динамического меню, позволяет выбрать один из шести типов зависимостей для линии тренда: линейную, логарифмическую, полиномиальную, степенную, экспоненциальную, линейную фильтрацию. Выберем, например, полином второй степени, а на вкладке Параметры пометим опции показывать уравнение на диаграмме и поместить на диаграмму величину достоверности аппроксимации R^2 . Коэффициент детерминированности полиномиальной модели $R^2 =$

0,9228 свидетельствует о ее адекватности. Следовательно, такая модель может использоваться для построения прогнозов.

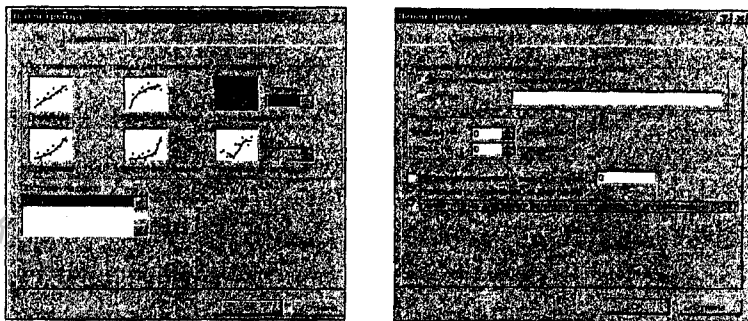


Рис. 10.5. Окно Линия тренда

Аналогично можно выбирать любой тип линии тренда из предлагаемых шести, проводить сравнительный анализ адекватности построенных моделей и далее принимать решения в зависимости от постановки задачи.

Ограничением использования графического метода является то, что с его помощью можно строить только однофакторные модели.

Кроме того, необходимо помнить, что выделенные с помощью моделей прогнозирования тренды позволяют судить о совокупном влиянии внешних факторов и не несут другой информации о воздействующих факторах.

10.1.4. Функция ПРЕДСКАЗ

Теоретическое (прогнозируемое) значение Y для фиксированного значения X можно вычислить, не рассчитывая уравнения регрессии, с помощью функции ПРЕДСКАЗ. Эта функция на основании линейного тренда вычисляет или предсказывает будущее значение зависимой переменной Y , соответствующее заданному X -значению, по существующим X - и Y -значениям.

Формат

ПРЕДСКАЗ(X ; известные_значения_Y; известные_значения_X)

X – это точка данных, для которой предсказывается значение;

Известные_значения_Y – это зависимый массив или интервал данных.

Известные_значения_X – это независимый массив или интервал данных.

На основании данных из таблицы 10.1 (см. рис. 10.1 и 10.2), используя функцию ПРЕДСКАЗ, в ячейке В15, вычислим прогнозируемый объем продаж выпуска тканей на 2006 год (см. рис. 10.6):

=ПРЕДСКАЗ(А8;С3:С7;А3:А7).

10.1.5. Функция ТЕНДЕНЦИЯ

Эта функция на основании линейного тренда вычисляет или предсказывает будущее значение зависимой переменной Y, соответствующее заданному массиву X-значений по существующим X- и Y-значениям.

В отличие от функции ПРЕДСКАЗ, функция ТЕНДЕНЦИЯ позволяет рассчитать теоретические значения Y для массива новых значений X.

Формат

ТЕНДЕНЦИЯ(известные_значения_Y; известные_значения_X; новые_значения_X; константа)

Новые_значения_X – массив (или интервал данных), который должен содержать столбец (или строку) для каждой независимой переменной, как и

Известные_значения_X. Если аргумент новые_значения_X опущен, то предполагается, что он совпадает с аргументом известные_значения_X.

Константа – логическое значение, которое указывает, требуется ли, чтобы константа b была равна 0.

Используя функцию ТЕНДЕНЦИЯ, в ячейках В16, В17 вычислим прогнозируемый объем продаж выпуска тканей на 2006 и 2008 годы (см. рис.10.6):

{=ТЕНДЕНЦИЯ(С3:С7;А3:А7;А8:А9;1)}.

	В режиме расчета	В режиме формул
	В	В
15	250	=ПРЕДСКАЗ(А8;С3:С7;А3:А7)
16	250	{=ТЕНДЕНЦИЯ(С3:С7;А3:А7;А8:А9;1)}
17	247	{=ТЕНДЕНЦИЯ(С3:С7;А3:А7;А8:А9;1)}

Рис. 10.6. Использование функций ПРЕДСКАЗ и ТЕНДЕНЦИЯ

Следует отметить, что ввод функции ТЕНДЕНЦИЯ, как формулы массива, должен завершаться одновременным нажатием клавиш <CTRL> + <SHIFT> + <ENTER>.

10.1.6. Функция ЛИНЕЙН

Эта функция рассчитывает статистику ряда с применением метода наименьших квадратов для вычисления уравнения прямой линии, которое наилучшим образом описывает исходные данные. Результатом работы функции является массив, который описывает полученную теоретическую прямую.

Функция ЛИНЕЙН является поистине самой универсальной для расчета параметров линейных моделей. Во-первых, она может использоваться как для расчета однофакторных, так и многофакторных моделей (что определяется размером массива независимых переменных x_i), во-вторых, при желании в качестве результата, кроме коэффициентов уравнения регрессии, можно получить и статистические характеристики, характеризующие построенную модель.

Формат

ЛИНЕЙН (известные_значения_Y, известные_значения_X, константа; статистика)

Известные_значения_Y – это известные значения Y, для которых параметры X по уравнению определены.

Известные_значения_X – это известные значения независимой переменной X. Массив известные_значения_X может быть многомерным в отличие от массива известные_значения_Y, который является одномерным. Массив X может быть опущен, тогда значения X устанавливаются автоматически как предварительный ряд чисел, начиная с 1. Но обязательно должно быть соответствие между размерностями массива X и Y, если массив X задан.

Константа – это логическое значение, которое указывает функции, каким образом должен быть определен коэффициент b. Если логическое значение ИСТИНА или оно опущено, то b определяется в обычном порядке. Если константа равна ЛОЖЬ, то коэффициенты подбираются таким образом, чтобы выполнялось равенство $y=mx$ ($b=0$).

Статистика – логическое значение, которое может принимать значение ИСТИНА или ЛОЖЬ. Если статистика имеет значение ИСТИНА, то будет представлена дополнительная регрессионная статистика по регрессии, если ЛОЖЬ или опущено, то выходным массивом будет основная статистика, т.е. коэффициенты $m_1, m_2, \dots, m_n$ и b.

В зависимости от количества независимых переменных уравнение получаемой теоретической прямой может иметь вид (10.1) для однофакторной модели или (10.2) для многофакторной модели.

В качестве результата функция ЛИНЕЙН возвращает массив коэффициентов уравнения регрессии и дополнительную статистику по регрессии, как показано в таблице 10.2:

Таблица 10.2. Результаты, возвращаемые функцией ЛИНЕЙН

m_n	m_{n-1}	...	m_2	m_1	b
Se_n	Se_{n-1}	...	Se_2	Se_1	Se_b
r^2	Se_y				
F	d_f				
SS_{reg}	SS_{resid}				

Здесь $m_1, m_2, \dots, m_n, b$ – коэффициенты уравнения регрессии.

Все остальное – дополнительная статистика по регрессии:

Se_1, Se_2, Se_n – стандартные ошибки для коэффициентов $m_1, m_2, \dots, m_n$;

Se_b – стандартная ошибка для свободного члена b ;

R^2 – коэффициент детерминированности, который показывает, как близко теоретическое уравнение описывает исходные данные;

Se_y – стандартная ошибка для Y ;

F – критерий Фишера, используется для определения того, является ли наблюдаемая взаимосвязь между зависимой и независимой переменными случайной или нет;

Df – степень свободы системы (уравнение надежности);

SS_{reg} – регрессионная сумма квадратов;

SS_{resid} – остаточная сумма квадратов.

Рассмотрим использование функции ЛИНЕЙН на примере расчета однофакторной и многофакторной регрессионных моделей.

Пример 10.2. Однофакторная линейная модель.

Обратимся к условию примера 10.1 и рассчитаем уравнение регрессии и его статистические характеристики по данным таблицы 10.1.

Решение

Разместим исходные данные в ячейках A3: C7 (см. рис. 10.1). Для расчета коэффициентов уравнения регрессии и статистики по регрессии в ячейки A19:B23 введем функцию ЛИНЕЙН в следующем формате:

=ЛИНЕЙН(C3:C7;A3:A7;1;1), заканчивая ввод комбинацией клавиш <CTRL> + <SHIFT> + <ENTER>.

В результате в ячейках A19:B23 получим массив значений (см. ниже)

	A	B
19	-1,879310345	269,0689655
20	0,597673518	2,927990306
21	0,767209092	2,878776879
22	9,887101248	3
23	81,93793103	24,86206897

и соответственно уравнение регрессии:

$$Y = -1,879X + 269,068$$

Проанализируем дополнительную статистику по регрессии. В ячейках A20:B20 содержатся стандартные ошибки для оценки соответствующих параметров. Ошибка по коэффициенту m и оценка по свободному члену b находятся в пределах нормы по сравнению с самими параметрами, что позволяет получить достаточно точную оценку плана выпуска тканей. Об этом свидетельствует и допустимое значение ошибки для результативного признака, которое представлено в ячейке B21.

Регрессионная и остаточная суммы квадратов показаны в ячейках A23 и B23 соответственно. Регрессионная сумма квадратов довольно существенно превосходит остаточную. Это говорит о том, что большая часть вариации выпуска тканей связана с периодом выпуска. Это подтверждает и коэффициент детерминированности, составляющий около 0,77 и показывающий, что 77% вариации объема выпуска связано с изменением рассматриваемого факторного признака, а 23% связано с изменением неконтролируемых факторов.

В ячейке A22 представлено расчетное значение F-критерия Фишера, а в ячейке B22 – число степеней свободы, которое определяется как количество наблюдений (5) за вычетом числа параметров линейной регрессии (2).

Проведем оценку значимости связи, получив табличное значение F-критерия при уровне значимости 0,05. Для этого используем функцию `FRАСПОВР` в формате `=FRАСПОВР(0,05;2;3)`.

Расчет по этой формуле показывает, что при уровне значимости 0,05 и числе степеней свободы 2 и 3 табличное значение F-критерия составляет около 9,55. Расчетное значение несколько больше, что свидетельствует о статистической значимости связи.

Если по исходному набору данных (с учетом пропущенных периодов) построить график, отражающий объем выпуска по периодам, отразить на нем линию тренда и уравнение регрессии, то он получится аналогичным представленному на рисунке 10.3.

Пример 10.3. Многофакторная линейная модель.

Используя статистические данные производственной деятельности ОАО «Знамя индустриализации» г. Витебска за 1999 – 2005 годы (см. табл. 10.3) необходимо установить тесноту связи между результативным признаком (Y) – производительностью труда, оцениваемой поквартально, и факториальными признаками ($X_1, \dots, X_5$) и построить регрессионную модель деятельности предприятия. Модель может использоваться для прогнозирования деятельности данного предприятия на будущие периоды времени.

Здесь в строке 26 представлены значения показателей производственной деятельности предприятия, по которым необходимо рассчитать прогноз значения производительности труда.

Таблица 10.3. Результаты производственной деятельности ОАО «ЗИ»

№	Производительность труда, тыс. шт.	Фондоотдача, руб.	Фондовооруженность, руб.	Удельный вес ручного труда, %	Коэффициент механизации труда, %	Удельный вес покупных изделий
	Y	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
1	10,5	7,5	7,7	10	75	0,4
2	11,6	8	7,5	12	78	0,26
3	15	9,1	9,5	8	70	0,4
4	13,6	8,8	8	15	66	0,5
5	14,1	8,5	8,2	7,5	65,1	0,4
6	15	8,9	10,5	8,5	75	0,19
7	11,2	7,1	7	9	70,2	0,25
8	10,5	6,6	6,9	10	71,2	0,44
9	14	8,8	8,3	21	75	0,17
10	13	7,9	8	12	70	0,39
11	13	7,5	7,9	14	63,5	0,33
12	14,2	8	9,1	9	69	0,25
13	11	6,8	7,1	25	69,9	0,32
14	12,1	7,5	7,7	9,8	72	0,02
15	10,2	5,9	6,8	9,5	72	0,06
16	11,3	6,5	9	8,5	75	0,15
17	12,2	6,8	9,9	8,8	75	0,08
18	10,2	5,9	7,5	10	70	0,2
19	9,2	5,2	7	12	78	0,2
20	8,5	4,9	6,6	8	78	0,3
21	7,8	4,42	6,2	8	71	0,35
22	7,1	3,94	5,8	7	80	0,31
23	12	8	10	9,1	85	0,25
24	13	8,1	10,2	9,5	85	0,56
25	13,1	8,2	9,8	10	78	0,23
26		8,8	10,1	20	65	0,15

Формально построить уравнение регрессии можно и по исходному набору данных. Если предположить линейную зависимость между факторами, следует просто воспользоваться функцией ЛИНЕЙН. При этом в качестве аргумента известные значения Y следует задать столбец «Производительность труда», а в качестве аргумента известные значения X – столбцы, в которых размещены факторы $X_1, \dots, X_5$.

Если разместить таблицу 10.3 в ячейках В4:G29, как показано на рисунке 10.7, то функция ЛИНЕЙН будет иметь следующий формат: =ЛИНЕЙН(В5:В29;С5:G29;1;1), а полученное уравнение регрессии будет выглядеть следующим образом:

$$Y=0,969X_1+0,596X_2+0,00626X_3-0,099X_4-0,6811X_5+7,371.$$

14 =ЛИНЕЙН(B5:B29;C5:G29;1;1)										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
		Y	X1	X2	X3	X4	X5			
5	1	10,5	7,5	7,7	10	75	0,4	-0,68112	-0,099	0,00626
6	2	11,6	8	7,5	12	78	0,26	0,728643	0,02032	0,02496
7	3	15	9,1	9,5	8	70	0,4	0,964933	0,45331	##/Д
8	4	13,6	8,8	8	15	66	0,5	104,5643	19	##/Д
9	5	14,1	8,5	8,2	7,5	65,1	0,4	107,4333	3,90426	##/Д
10	6	15	8,9	10,5	9,5	75	0,19			
11	7	11,2	7,1	7	9	70,2	0,25			
12	8	10,5	6,8	6,9	10	71,2	0,44			
13	9	14	8,8	8,3	21	75	0,17			
14	10	13	7,9	8	12	70	0,39			
15	11	13	7,5	7,9	14	63,5	0,33			
16	12	14,2	8	9,1	9	68	0,25			
17	13	11	6,8	7,1	25	69,9	0,32			
18	14	12,1	7,5	7,7	9,8	72	0,02			
19	15	10,2	5,9	6,8	9,5	72	0,06			
20	16	11,3	6,5	9	8,5	75	0,15			
21	17	12,2	6,8	9,9	8,8	75	0,06			
22	18	10,2	5,9	7,5	10	70	0,2			
23	19	9,2	5,2	7	12	78	0,2			
24	20	8,5	4,9	5,5	8	78	0,3			
25	21	7,8	4,42	5,2	8	71	0,35			
26	22	7,1	3,94	5,8	7	80	0,31			
27	23	12	8	10	9,1	85	0,25			
28	24	13	8,1	10,2	9,5	85	0,55			
29	25	13,1	8,2	9,8	10	78	0,23			
30	26	15,5169	8,8	10,1	20	85	0,15			

Рис. 10.7. Использование функции ЛИНЕЙН для построения многофакторной модели

Модель построена, и по ней теоретически можно делать прогноз. Для этого в уравнение регрессии следует подставить значения факторов $X_1, \dots, X_5$, размещенных в строке 30 таблицы исходных данных (рис.10.7). Выполним этот расчет в ячейке B30, куда внесем следующую формулу

$$=M4*C30+L4*D30+K4*E30+J4*F30+I4*G30+N4.$$

В результате получим прогнозное значение производительности труда, равное 15,5169 тыс. шт.

Но поскольку теснота связи между результативным признаком (Y) – производительность труда, и факториальными признаками ($X_1 \dots X_5$) не оценивалась, возникает вопрос, можно ли такой прогноз признать достоверным?

Для установления тесноты связи между результативным и каждым из факториальных признаков, а также и между факториальными признаками необходимо рассчитать соответствующие коэффициенты корреляции (см. выше, функция КОРРЕЛ). Затем на основании выявленных связей уточнить исходные данные и по ним строить модель. Это процесс достаточно трудоемкий, хотя и возможный.

10.1.7. Надстройка «Пакет анализа»

Как уже упоминалось выше, для решения сложных статистических и инженерных задач вообще и для проведения полного корреляционно-регрессионного анализа в частности, Excel предлагает специальную надстройку «пакет анализа», которая, выполняя описанные выше функции, значительно упрощает процесс расчета.

Для проведения анализа данных с помощью этого инструмента необходимо указать входные данные и выбрать параметры. Анализ будет проведен с использованием подходящей статистической или инженерной макрофункции, а результаты будут помещены в выходной диапазон. Кроме того, в этой надстройке имеются средства, которые позволяют представить результаты анализа в графическом виде. В состав пакета анализа входят, в частности, дисперсионный и корреляционный анализ, ковариационный анализ, описательная статистика, экспоненциальное сглаживание и др.

Основными этапами построения и анализа регрессионной модели с помощью пакета анализа являются:

- построение системы показателей (факторов). Сбор и предварительный анализ исходных данных. Построение матрицы коэффициентов парной корреляции;
- выбор вида модели и численная оценка ее параметров;
- проверка качества модели;
- оценка влияния отдельных факторов на основе модели;
- прогнозирование на основе модели регрессии.

Выбор факторов, влияющих на исследуемый показатель, производится на основании качественного и количественного анализа исследуемых явлений (см. таблицу 10.3 и рисунок 10.7).

Построим и проанализируем многофакторную регрессионную модель при помощи надстройки «пакет анализа».

Для проведения корреляционного анализа необходимо выполнить следующие действия:

- расположить в смежных диапазонах ячеек данные для корреляционного анализа (ячейки B4 : G29, см. рис. 10.7);
- выбрать команду *Сервис* $\Rightarrow$ *Анализ данных*;
- в диалоговом окне *Анализ данных* выбрать инструмент *Корреляция*;
- в диалоговом окне *Корреляция* в поле «Входной интервал» ввести диапазон ячеек, содержащих исходные данные (B4 : G29). Если выделены и заголовки столбцов (а они выделены), то установить флажок «*Метки в первой строке*»;
- установить переключатель *новый рабочий лист* или *выходной диапазон*;
- ОК (см. рисунок 10.8).

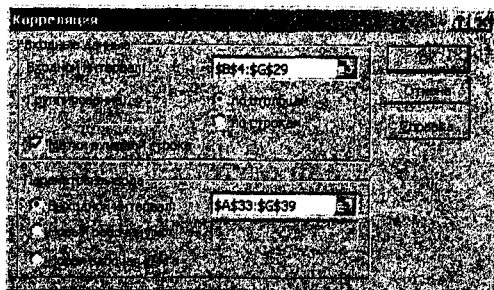


Рис. 10.8. Окно Корреляция

Полученная матрица коэффициентов парной корреляции (см. рис. 10.9) показывает, что зависимая переменная Y – производительность труда – имеет тесную связь с фактором X_1 – фондоотдачей ($r_{yx1} = 0,94907$) и с фактором X_2 – фондовооруженностью труда ($r_{yx2} = 0,76807$). Влияние остальных факторов незначительно.

B3 (=ЛИНЕИН(J5:J29;K5:L29;1;1))										
	Y	X1	X2	X3	X4	X5				
Y	1						0,301	1,219	0,581	
X1	0,94907	1					0,141	0,13	0,819	
X2	0,76807	0,7129	1				0,918	0,645	#1/Д	
X3	0,15925	0,2171	-0,119	1			122,8	22	#1/Д	
X4	-0,2669	-0,167	0,25	-0,2049	1		102,2	9,156	#1/Д	
X5	0,09337	0,1876	-0,024	0,0426	-0,08774	1				

Рис. 10.9. Матрица коэффициентов парной корреляции

Одно из условий регрессионной модели – функциональная независимость объясняющих переменных. Связь между независимыми переменными называется *мультиколлинеарностью*. Это означает, что некоторые независимые переменные достаточно тесно связаны между собой и влияют друг на друга. Об этом свидетельствует коэффициент парной корреляции, превышающий 0,7. Это в конечном итоге делает вычисление параметров модели либо невозможным, либо затрудняет их интерпретацию (искажает значение коэффициента множественной корреляции, характеризующего влияние независимых переменных $X_1, X_2, \dots, X_n$ на зависимую переменную Y).

Учитывая вышесказанное, обычно пытаются избавиться от мультиколлинеарности. Для этого из уточненной модели, содержащей независимые переменные, для которых коэффициент парной корреляции больше по абсолютному

значению 0,7, исключается тот из факторов, который наименее взаимосвязан с зависимой переменной Y.

Таким образом, регрессионную модель будем строить только по двум факторам: X_1 – фондоотдача и X_2 – фондовооруженность.

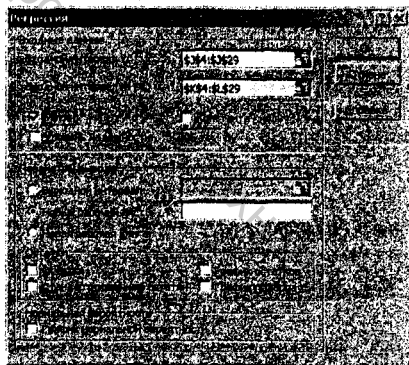


Рис. 10.10. Окно Регрессия

В результате будет сформирован новый рабочий лист «ВЫВОД ИТОГОВ», состоящий из трех таблиц.

Первая таблица «Регрессионная статистика» (см. рис 10.11) содержит показатели регрессии:

ВЫВОДИТОГОВ	
Регрессионная статистика	
Множественный R	0,95799988
R-квадрат	0,91776373
Нормированный R-квадрат	0,91028771
Стандартная ошибка	0,84512115
Наблюдения	25

Рис. 10.11. Регрессионная статистика

Коэффициент детерминации, размещенный в ячейке B5, ($R^2 = 0,9177$) показывает долю вариации результативного признака Y под действием изучаемых факторов X_1 и X_2 . Следовательно, около 92% вариации зависимой переменной учтено в модели и обусловлено влиянием изучаемых факторов.

Вторая таблица «Дисперсионный анализ» (см. рис. 10.12) позволяет осуществить проверку значимости уравнения регрессии.

Дисперсионный анализ					
	df	SS	MS	F	Значимость F
Регрессия	2	102,181612	51,09080579	122,761	1,16331E-12
Остаток	22	9,15598842	0,416181292		
Итого	24	111,3376			

Рис.10.12. Дисперсионный анализ

Регрессионная и остаточная суммы квадратов показаны в ячейках C12 и C13 соответственно. Регрессионная сумма квадратов довольно существенно превосходит остаточную. Это говорит о том, что большая часть вариации производительности труда Y связана с факторами X_1 – фондоотдачей и X_2 – фондовооруженностью.

В ячейке E12 показано расчетное значение F-критерия Фишера, а в ячейке B13 число степеней свободы, которое определяется как количество наблюдений (25) за вычетом параметров линейной регрессии (3).

Проведем оценку значимости связи, сравнив табличное и расчетное значения F-критерия, который показывает, является ли наблюдаемая взаимосвязь между зависимой и независимой переменными случайной или нет. Для этого можно опять использовать функцию ФРАСПОВР.

При уровне значимости 0,05 и числе степеней свободы 2 и 22 табличное значение F-критерия составляет около 3,44. Расчетное значение 122,76 гораздо больше, что свидетельствует о статистической значимости связи, и, значит, уравнение регрессии следует считать адекватным.

Третья таблица «Регрессионная модель» (см. рис. 10.13) показывает коэффициенты уравнения регрессии – b , m_1 , m_2 (ячейки B17:B19 соответственно) и позволяет оценить их значимость.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
16	Регрессионная модель								
17		Стандартная							
		коэффициенты	ошибки	t-статистика	P-значение	Нижние 95%	верхние 95%	Нижние 95%	верхние 95%
17	Y-пересечение	0,58071272	0,818977016	0,709070836	0,48572758	-1,117743482	2,27817	-1,11774	2,27817
18	X1	1,2188576	0,130151284	9,364829586	3,9288E-09	0,948940072	1,48878	0,94894	1,48878
19	X2	0,30107473	0,141060153	2,134371246	0,0442033	0,008533588	0,59362	0,00853	0,59362

Рис. 10.13. Регрессионная модель

Оценка значимости этих коэффициентов производится с использованием t-критерия Стьюдента. Табличное значение t-критерия при уровне значимости 5% и степенях свободы $n = 22$ (функция =СТЮДРАСПОВР(0,05;22)) составляет 2,0738, что меньше фактических значений, т. е. коэффициенты существенны. Таким образом, произведенный анализ показывает, что производительность труда (Y) весьма тесно связана только с фондоотдачей (X_1) и фондовооруженностью (X_2), и уравнение регрессии зависимости этих факторов имеет вид:

$$Y = 1,219X_1 + 0,301X_2 + 0,581$$

Аналогичное уравнение можно получить, используя функцию ЛИНЕЙН, как показано на рисунке 10.9 (ячейки I33:K37), с той лишь разницей, что при этом способе расчета будет представлена не вся дополнительная статистика по регрессии.

Как упоминалось выше, таблица с выявленными в результате корреляционного анализа значимыми факторами X_1 и X_2 и результативным признаком Y размещена в ячейках I4:L29 рабочего листа, а в ячейках K30, L30 внесены требуемые значения факторов фондоотдачи X_1 и фондовооруженности X_2 (рис. 10.14). Прогнозируемое значение производительности труда на основании полученного уравнения регрессии можно вычислить в ячейке J30 по следующей формуле:

$$=J33*K30+I33*L30+K.$$

В результате получим значение производительности труда, равное 14,35 тыс. шт. (рис. 10.14).

	J30	=J33*K30+I33*L30+K		
21	7,8	4,42	6,2	
22	7,1	3,94	5,8	
23	12	8	10	
24	13	8,1	10,2	
25	13,1	8,2	9,8	
26	14,35	8,8	10,1	

Рис. 10.14. Прогноз производительности труда по уточненной модели

10.2. Экспоненциальная регрессионная модель

Экспоненциальная однофакторная модель имеет вид:

$$Y = b * m^x. \quad (10.5)$$

Экспоненциальная многофакторная модель имеет вид:

$$Y = b * m_1^{x1} * m_2^{x2} * \dots * m_n^{xn}. \quad (10.6)$$

Для построения моделей на основании экспоненциальной зависимости и дальнейшего расчета прогнозов Excel предлагает функции ЛГРФПРИБЛ и РОСТ, работа которых основана на вычислении экспоненциальной кривой, аппроксимирующей данные. Эти функции могут использоваться как для расчета однофакторных, так и многофакторных моделей.

10.2.1. Функции ЛГРФПРИБЛ и РОСТ

Функция ЛГРФПРИБЛ в регрессионном анализе вычисляет экспоненциальную кривую, аппроксимирующую данные, и возвращает массив значений, описывающий эту кривую. Она является универсальной для расчета параметров экспоненциальных моделей, так как кроме коэффициентов уравнения регрессии может возвращать и дополнительную статистику по регрессии.

Формат

ЛГРФПРИБЛ(известные_значения_Y; известные_значения_X;
константа; статистика)

В отличие от функции ЛИНЕЙН аргумент константа — это логическое значение, которое указывает, требуется ли, чтобы константа b была равна 1.

Если константа имеет значение ИСТИНА или опущено, то b вычисляется обычным образом.

Если константа имеет значение ЛОЖЬ, то b полагается равным 1 и значения m подбираются так, чтобы удовлетворить соотношению $y = m^x$.

Способ использования функции ЛГРФПРИБЛ аналогичен функции ЛИНЕЙН, с той лишь разницей, что исходный набор данных аппроксимируется не прямой линией, а экспонентой. В соответствии с этим и количеством независимых переменных уравнение регрессии соответствует виду (10.5) или виду (10.6).

Функция РОСТ аналогична функции ТЕНДЕНЦИЯ и используется для расчета прогнозируемого экспоненциального роста на основании имеющихся данных. Она возвращает значения Y для последовательности новых значений X , задаваемых с помощью существующих X - и Y -значений.

Формат

РОСТ(известные_значения_Y; известные_значения_X;
новые_значения_X; константа)

Пример 10.4.

Обратимся к условию примера 10.1 и построим уравнение однофакторной регрессионной модели экспоненциального вида на основании анализа уровня производства промышленной продукции за 1997-2003 годы (см. таблицу 10.1).

Разместим таблицу 10.1 с исходными данными в ячейках A34:C39, а в ячейку E35:F39 введем функцию =ЛГРФПРИБЛ(C35:C39;A35:A39;1;1). Рассчитаем коэффициенты уравнения регрессии с выводом дополнительной статистики по регрессии, как показано на рис. 10.15.

Полученное уравнение регрессии имеет вид:

$$Y = 269,19 * 0,992^x.$$

Предполагаемый уровень производства в 2006 и 2008 годах можно оценить:

- либо подставив номер года в качестве X в это уравнение, для чего в ячейку C40 ввести формулу =F\$35*\$E\$35^A40, которую затем скопировать в ячейку C41 =F\$35*\$E\$35^A41;
- либо воспользоваться функцией РОСТ, для чего в ячейки D40:D41 ввести функцию =РОСТ(C35:C39;A35:A39;A40:41;1) как формулу массива.

Результаты – прогнозируемые значения – в обоих случаях получаются одинаковыми (см. рис. 10.15, ячейки C40:D41).

E35		=ЛГРФПРИБЛ(C35:C39;A35:A39;1;1))			
Пример 10.4					
	№ периода	Год	Ткань, млн. кв. м.	ЛГРФПРИБЛ	
32	1	1997	266	0,992820301	269,158608
33	2	1999	265	0,002320631	0,01136872
34	3	2001	262	0,762679394	0,01117764
35	6	2002	254	9,641127344	3
36	7	2003	257	0,001204559	0,00037482
37	10	2006	250	250	
38	12	2008	247	247	

Рис. 10.15. Построение модели на основании экспоненциального тренда

Имеющиеся данные можно отразить графически с выводом линии тренда и уравнения регрессии³. Для этого следует подсчитать предполагаемое значение уровня производства за пропущенные 1998 и 1999 годы (периоды 2 и 4), подставив номер периода в уравнение регрессии (см. рис. 10.16).

³ Следует иметь в виду, что уравнение регрессии $Y = 269,19 * 0,992^x$, рассчитываемое функцией ЛГРФПРИБЛ в виде показательной функции, на графике выводится в экспоненциальной форме $Y = 269,16e^{-0,007x}$.

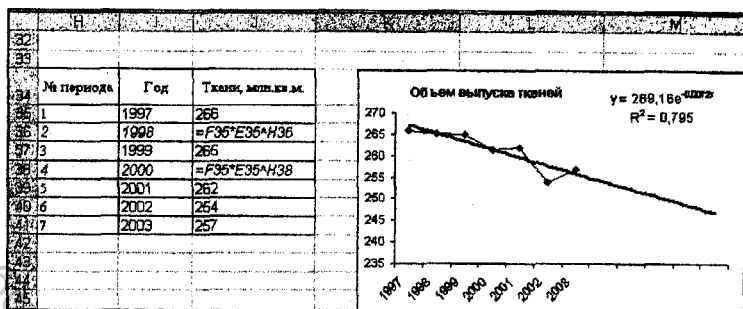


Рис. 10.16. График с линией тренда

Выводя линию тренда, можно графически сделать прогноз на следующие периоды, как и показано на рисунке 10.16. Оценка адекватности экспоненциальной модели осуществляется только по дополнительной статистике по регрессии (ячейки E36: F39, рис. 10.15), возвращаемой функцией ЛГРФПРИБЛ.

Расчет и построение многофакторной экспоненциальной модели с помощью функции ЛГРФПРИБЛ принципиально аналогичен построению многофакторной линейной модели с использованием функции ЛИНЕЙН. Использование инструмента *Регрессия* пакета анализа в данном случае невозможно.

На основании всего вышеизложенного можно сделать вывод, что надежность прогноза – очень важный фактор. В условиях нестабильности ситуации и несопоставимости данных трудно достичь точности и достоверности расчетов, особенно на длительную перспективу. На надежность прогноза в определенной степени влияет участие в экономических явлениях таких наук, как социология, политика, технология, психология, демография. Поэтому большинство экономических прогнозов все же должны быть связаны с прогнозами другой, неэкономической природы.

10.3. Задания для самостоятельной работы

Задания I уровня сложности

С помощью встроенных функций табличного процессора Excel установить связь между анализируемыми данными (см. таблицы 10.4 и 10.5), построить и проанализировать экономико-математическую однофакторную регрессионную модель, позволяющую получить прогноз результативного признака на последующие периоды. Вид модели определить самостоятельно. Вывести всю возможную статистическую информацию. Построить график изменения ре-

зультативного признака во времени. Отобразить на графике линию тренда и уравнение регрессии.

Таблица 10.4. Затраты на производство продукции ФХИ «Купава»

Период	Себестоимость, млн. руб.	Материальные затраты, млн. руб.	Оплата труда, млн. руб.	Отчисления на социальные нужды, млн. руб.	Прочие затраты, млн. руб.	Объем продукции, млн. руб.
X	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6
I-2004	82	32	32	11	5	85
II-2004	94	37	32	11	13	98
II-2004	124	52	36	13	2	109
IV-2004	105	53	36	12	2	115
I-2005	93	32	39	14	6	89
II-2005	118	48	43	16	9	130
III-2005	112	38	48	16	8	98
IV-2005	106	31	36	18	9	124

Таблица 10.5. Показатели деятельности ОАО «Знамя индустриализации» за 2003 год

Период (месяц, год)	Рентабельность реализации, %	Фондоёмкость	Трудоёмкость	Материалоёмкость
X	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4
01.2003	6,3	3,17	0,41	0,35
02.2003	9,88	3,22	0,419	0,38
03.2003	-6,7	3,09	0,429	0,42
04.2003	-13,1	3,01	0,435	0,3
05.2003	5,3	2,98	0,409	0,32
06.2003	3,9	2,95	41	0,25
07.2003	3,7	2,9	0,425	0,31
08.2003	1,5	3,13	0,404	0,26
09.2003	-2,4	3,125	0,447	0,37
10.2003	-4	3,121	0,436	0,29
11.2003	-1,8	2,99	0,451	0,34
12.2003	-32,8	3,09	0,449	0,31

Варианты заданий:

№ варианта	Результативный признак	Факторный признак
1	Y_1 , таблица 10.4	X
2	Y_2 , таблица 10.4	X
3	Y_3 , таблица 10.4	X
4	Y_4 , таблица 10.4	X
5	Y_5 , таблица 10.4	X
6	Y_6 , таблица 10.4	X
7	Y_1 , таблица 10.5	X
8	Y_2 , таблица 10.5	X
9	Y_3 , таблица 10.5	X
10	Y_4 , таблица 10.5	X

Задания II уровня сложности

С помощью встроенных функций и пакета анализа MS Excel установить связь между анализируемыми данными и построить экономико-математическую многофакторную регрессионную модель, отражающую влияние показателей экономического роста предприятия за период 1997 – 2002 г.г. на результативный признак (см. таблицу 10.6).

Варианты заданий:

№ варианта	Результативный признак	Номера факторных признаков
1	X_0	X_1, X_2, X_3, X_4
2	X_0	X_2, X_3, X_4, X_5
3	X_0	X_3, X_4, X_5, X_6
4	X_0	X_4, X_5, X_6, X_7
5	X_5	X_1, X_2, X_3, X_4
6	X_5	X_1, X_2, X_3, X_7
7	X_5	X_2, X_3, X_6, X_7
8	X_7	X_2, X_3, X_4, X_5
9	X_7	X_3, X_4, X_5, X_6
10	X_7	X_1, X_2, X_5, X_7

Отразить графически влияние каждого из рассматриваемых факторов на результативный признак с выводом на графике линии тренда и уравнения регрессии.

Таблица 10.6. Показатели экономического роста предприятия

Год	Квартал	ИПЦ	Выручка	Себестоимость	Прибыль от реализации	Балансовая прибыль	Стоимость основных фондов	Рентабельность общая	Рентабельность собственная
		X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
1997	1	132,2	201840	200120	1720	1906	156120	1,2	4,7
1997	2	130,3	206151	204134	2017	2102	188200	1,1	4,3
1997	3	126,6	248842	245620	3222	2117	190264	1,1	4,3
1997	4	115,4	243189	240136	2940	1084	202404	0,5	1,8
1998	1	107,3	440531	400111	40420	30245	755344	4	19,5
1998	2	105,6	484255	422133	62122	36780	880112	4,2	20,4
1998	3	105,7	508470	445050	63420	45246	814466	5,6	27,1
1998	4	104,5	554502	484438	67918	52047	915842	5,7	28,2
1999	1	104	552753	522333	30420	41222	2015612	2	12,8
1999	2	103,5	564299	522177	42122	46780	2055388	2,3	14,2
1999	3	103,3	675642	632222	43420	43444	2091426	2,1	13
1999	4	100,5	700213	637123	48678	39395	2163830	1,8	11,3
2000	1	107,6	1272210	1229765	42445	78236	1461204	5,4	21
2000	2	109,5	1493449	1432173	61276	76883	1582006	4,9	19,1
2000	3	120,8	1858141	1792262	65879	73245	1902642	3,8	15,1
2000	4	118	2029936	1941401	74123	60158	1928648	3,1	10,7
2001	1	113,2	2931555	2529111	402444	367200	7156120	5,1	22,6
2001	2	111,4	3333699	2932444	401255	375400	7388200	5,1	22,4
2001	3	111,7	4148223	3732344	415879	386250	7614264	5,1	22,4
2001	4	100,2	4229238	3821512	393314	429608	7842968	5,5	24,2
2002	1	105,1	4812096	4440203	582420	486620	10156144	4,8	20,6
2002	2	105,6	5513465	4532222	581111	532300	10188248	5,2	22,4
2002	3	106,1	5757577	4511107	625233	588100	10114246	5,8	25
2002	4	107,2	6562879	4633225	655719	652725	10233682	6,4	27,4
2003	1	106,1	10433333	4742424	690234	686111	10156144	6,8	22,1
2003	2	105	10462269	4755577	703846	702300	10188248	6,9	22,4
2003	3	103,4	10400553	4727524	710246	708100	10114246	7	25,4
2003	4	103,4	10609859	4822663	724964	712725	14294322	5	26,2
2004	1	103,9	10625287	4829676	721400	712344	10156144	7	22,6
2004	2	103,8	10631179	4832354	736800	732106	10188248	7,2	22,5
2004	3	103,8	10631157	4832344	740277	738212	10114246	7,3	25,1
2004	4	103,7	10984046	4992748	764333	752566	22440110	3,4	25,2

ФУНКЦИИ КАТЕГОРИИ «ССЫЛКИ И МАССИВЫ»

В качестве примера решения задачи с использованием функций категории «ссылки и массивы» рассмотрим задачу из варианта 3.

На листе 1 разместим исходные данные так, как показано на рис. А.1.

В таблице 3 используем процентный формат ячейки для указания процента премии. Для этого выделим соответствующий диапазон ячеек (L3:L6), в меню **Формат** ⇒ **Ячейки** выберем вкладку **Число**, в которой в окне **Числовые форматы** выберем **Процентный** формат и укажем число десятичных знаков равным нулю.

Присвоим следующие имена указанным ячейкам, блокам и диапазонам:

Коэффициент – диапазон H2:H9;

Стаж – диапазон I2:I9;

Премия – таблица 3 (K2:L6);

МЗП – ячейка B15.

Исходные данные и результаты расчета представлены на рис. А.1.

Microsoft Excel - задача_глава3.xls										
Таблица 1 – Список сотрудников предприятия						Таблица 2 – Показательный коэффициент		Таблица 3 – Размер премии		
ФИО	Стаж, лет	Семейное положение	Оклад	Количество детей	Премия	Коэффициент	Стаж	Количество детей	Премия	
Иванов И.И.	6	замет	62700	2	10540	1	0	1	10%	
Петров А.А.	8	замет	62700	1	8270	1,1	1	2	20%	
Смирнов П.П.	8,5	замет	31000	2	8200	1,2	2	3	30%	
Васильев С.С.	1	замет	34100	3	10230	1,3	3	4	50%	
Зайцев А.А.	2	замет	37200	3	11190	1,4	4			
Колод Е.Л.	4	замет	43400	1	4040	1,7	6			
Лугин В.И.	4	замет	43400	-		2	8			
Савинко П.Г.	2	замет	37200	-						
Сережа В.Е.	1	замет	34100	1	3410					
Степанов П.Л.	8	замет	62000	2	12400					
Жуков С.И.	10	замет	82000	1	8200					
Минимальная заработная плата, руб.	31000									

Рис. А.1. Исходные данные и результаты расчетов

Результаты решения задачи в режиме формул представлены на рис. А.2.

Использование функции ЕСЛИ при расчете премии обеспечивает проверку следующего условия: если у сотрудника нет детей (обозначается «-»), то в столбце Премия ничего не выводится (пусто - «»), в противном случае происходит вычисление премии в соответствии с заданным условием.

Microsoft Excel - Задача 1.таблица.xls						
Таблица 1 – Список сотрудников предприятия						
ФИО	Стаж, лет	Самоеное подозание	Оклад	Количество детей	Премия	
Иванов И.И.	5	женат	=ПРОСМОТР(B3;Стаж;Коэффициент)УМП	2	=ЕСЛИ(B3<3	=ВПР(B3;Премия;2;0)D3)
Петров А.А.	6	холост	=ПРОСМОТР(B4;Стаж;Коэффициент)УМП	1	=ЕСЛИ(B4<3	=ВПР(B4;Премия;2;0)D4)
Смирнов П.П.	0.5	холост	=ПРОСМОТР(B5;Стаж;Коэффициент)УМП	2	=ЕСЛИ(B5<3	=ВПР(B5;Премия;2;0)D5)
Васильев С.С.	1	женат	=ПРОСМОТР(B6;Стаж;Коэффициент)УМП	3	=ЕСЛИ(B6<3	=ВПР(B6;Премия;2;0)D6)
Зайцев А.А.	2	женат	=ПРОСМОТР(B7;Стаж;Коэффициент)УМП	3	=ЕСЛИ(B7<3	=ВПР(B7;Премия;2;0)D7)
Иоанн Е.Л.	4	женат	=ПРОСМОТР(B8;Стаж;Коэффициент)УМП	1	=ЕСЛИ(B8<3	=ВПР(B8;Премия;2;0)D8)
Лукин Ф.И.	4	женат	=ПРОСМОТР(B9;Стаж;Коэффициент)УМП	2	=ЕСЛИ(B9<3	=ВПР(B9;Премия;2;0)D9)
Семенов П.П.	2	холост	=ПРОСМОТР(B10;Стаж;Коэффициент)УМП	2	=ЕСЛИ(B10<3	=ВПР(B10;Премия;2;0)D10)
Сергеев В.Е.	1	холост	=ПРОСМОТР(B11;Стаж;Коэффициент)УМП	1	=ЕСЛИ(B11<3	=ВПР(B11;Премия;2;0)D11)
Степанов П.Л.	6	женат	=ПРОСМОТР(B12;Стаж;Коэффициент)УМП	2	=ЕСЛИ(B12<3	=ВПР(B12;Премия;2;0)D12)
Жуков С.И.	10	женат	=ПРОСМОТР(B13;Стаж;Коэффициент)УМП	1	=ЕСЛИ(B13<3	=ВПР(B13;Премия;2;0)D13)

Рис.А.2. Расчеты в режиме формул

СТАТИСТИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ EXCEL

В качестве примера решения задачи с использованием статистических функций рассмотрим задачу из варианта 6.

Расположим исходные данные на листе Excel так, как показано на рис.

Б.1. Присвоим следующие имена указанным диапазонам:

Цех – диапазон A1:A21;

План – диапазон D1:D21;

Факт – диапазон E1:E21;

План_сс – диапазон F1:F21;

Факт_сс – диапазон G1:G21.

Результаты расчетов представлены на рис. Б.1 – Б.2, результаты расчетов в режиме формул – на рис. Б.3 – Б.5.

Microsoft Excel - Задача: глава Б.1								
Код цеха	Код изделия	Наименование изделия	Планируемый выпуск	Фактический выпуск	Плановая себестоимость	Фактическая себестоимость	Сумма по плану	Сумма по факту
11	3С122	Ситцы суровый	350	246	2150	2205	752500	700725
11	3С128	Миткаль суровый	400	400	1150	1155	460000	462000
11	3С134	Сатин суровый	410	416	1200	1220	492000	506300
11	3С142	Бязь суровая	300	305	2500	2495	750000	750975
12	4С122	Атлас гладкокрашеный	600	600	1400	1400	700000	700000
12	4С128	Сатин набивной	320	300	1450	1440	464000	432000
12	4С134	Сатин гладкокрашеный	440	480	1800	1850	792000	888000
12	4С142	Ситца набивной	600	650	1650	1650	1098000	1040000
13	5С122	Ситца гладкокрашеный	250	250	2240	2720	560000	707200
13	5С128	Миткаль гладкокрашеный	300	285	1200	1180	360000	339150
13	5С134	Сатин отбеленный	415	413	1280	1300	531200	536900
13	5С142	Бязь отбеленная	350	350	2500	2550	875000	892500
14	6С122	Натяголки	10	12	2500	2450	25000	29400
14	6С128	Халат	25	23	8900	8900	170000	161800
14	6С134	Простыня	20	20	4500	4500	90000	90000
14	6С142	Подольники	16	15	7800	8000	117000	120000
16	7С122	Прихватки	18	18	1600	1600	28800	30400
16	7С128	Рукавицы	40	42	950	1000	38000	42000
16	7С134	Набор для кухни	10	10	5800	5900	58000	59000
16	7С142	Набор для ванной	10	9	8400	8900	84000	79200
Итого			242	243	2039	2090	423475	433378

Рис. Б.1. Исходные данные и результаты расчета показателей.

Microsoft Excel - Задача глава4.xls							
Ид цеха/ Показатель	11	12	13	14	15	Количество изделий, фактический выпуск которых превышает орядный по предприятию	12
Средний выпуск по плану	385	480	328,75	17,5	19,5	Количество изделий, плановый объемности которых в пределах от 1800 до 9000 руб.	8
Средний выпуск по факту	360,25	482,5	327	17,75	20		
Средняя объемности по плану	1750	1575	1830	6400	4137,5		
Средняя объемности по факту	1768,75	1572,5	1985	5387,5	4250		
Суммарный выпуск по плану	1400	1920	1315	70	78		
Суммарный выпуск по факту	1405	1930	1308	71	80		
Общая сумма по плану	2464600	3046000	2381200	402000	206800		
Общая сумма по факту	2460000	3080000	2510750	390200	207600		

Рис. Б.2. Результат решения задачи

Microsoft Excel - Задача глава4.xls							
Планируемый выпуск	Фактический выпуск	Плановый объемности	Фактический объемности	Сумма по плану	Сумма по факту		
340	346	2160	2204	=D2*F2	=E2*G2		
400	400	1168	1165	=D3*F3	=E3*G3		
410	415	1200	1220	=D4*F4	=E4*G4		
300	306	2500	2495	=D5*F5	=E5*G5		
500	500	1400	1400	=D6*F6	=E6*G6		
320	300	1450	1440	=D7*F7	=E7*G7		
440	480	1800	1860	=D8*F8	=E8*G8		
550	650	1650	1600	=D9*F9	=E9*G9		
250	280	2240	2720	=D10*F10	=E10*G10		
300	386	1200	1190	=D11*F11	=E11*G11		
415	413	1780	1790	=D12*F12	=E12*G12		
350	340	2600	2650	=D13*F13	=E13*G13		
10	12	2500	2450	=D14*F14	=E14*G14		
25	23	6600	6600	=D15*F15	=E15*G15		
20	20	4500	4500	=D16*F16	=E16*G16		
15	15	7800	8000	=D17*F17	=E17*G17		
18	19	1600	1600	=D18*F18	=E18*G18		
40	42	950	1000	=D19*F19	=E19*G19		
10	10	5600	5600	=D20*F20	=E20*G20		
10	9	8400	8800	=D21*F21	=E21*G21		
=ОКРУГЛ(СРЗНАЧ(D2:D21)*F2)=ОКРУГЛ(СРЗНАЧ(D2:D21)*F3)=ОКРУГЛ(СРЗНАЧ(D2:D21)*F4)=ОКРУГЛ(СРЗНАЧ(D2:D21)*F5)=ОКРУГЛ(СРЗНАЧ(D2:D21)*F6)=ОКРУГЛ(СРЗНАЧ(D2:D21)*F7)=ОКРУГЛ(СРЗНАЧ(D2:D21)*F8)=ОКРУГЛ(СРЗНАЧ(D2:D21)*F9)=ОКРУГЛ(СРЗНАЧ(D2:D21)*F10)=ОКРУГЛ(СРЗНАЧ(D2:D21)*F11)=ОКРУГЛ(СРЗНАЧ(D2:D21)*F12)=ОКРУГЛ(СРЗНАЧ(D2:D21)*F13)=ОКРУГЛ(СРЗНАЧ(D2:D21)*F14)=ОКРУГЛ(СРЗНАЧ(D2:D21)*F15)=ОКРУГЛ(СРЗНАЧ(D2:D21)*F16)=ОКРУГЛ(СРЗНАЧ(D2:D21)*F17)=ОКРУГЛ(СРЗНАЧ(D2:D21)*F18)=ОКРУГЛ(СРЗНАЧ(D2:D21)*F19)=ОКРУГЛ(СРЗНАЧ(D2:D21)*F20)=ОКРУГЛ(СРЗНАЧ(D2:D21)*F21)							

Рис.Б.3. Расчет показателей в режиме формул

Формула, введенная в ячейку D22, копируется в ячейки E22:J22.

Microsoft Excel - Задача: глава4.xls					
Код цеха/ Показатель	11	12	13	14	15
Средний выпуск по плану	=СУММЕСЛИ(цех;B\$24;план)/СЧЁТЕСЛИ(цех;B\$24)	=СУММ	=СУММ	=СУММ	=СУММ
Средний выпуск по факту	=СУММЕСЛИ(цех;B\$24;факт)/СЧЁТЕСЛИ(цех;B\$24)	=СУММ	=СУММ	=СУММ	=СУММ
Средняя себестоимость по плану	=СУММЕСЛИ(цех;B\$24;план_себ)/СЧЁТЕСЛИ(цех;B\$24)	=СУММ	=СУММ	=СУММ	=СУММ
Средняя себестоимость по факту	=СУММЕСЛИ(цех;B\$24;факт_себ)/СЧЁТЕСЛИ(цех;B\$24)	=СУММ	=СУММ	=СУММ	=СУММ
Суммарный выпуск по плану	=СУММЕСЛИ(цех;B\$24;план)	=СУММ	=СУММ	=СУММ	=СУММ
Суммарный выпуск по факту	=СУММЕСЛИ(цех;B\$24;факт)	=СУММ	=СУММ	=СУММ	=СУММ
Общая сумма по плану	=СУММЕСЛИ(цех;B\$24;сум_план)	=СУММ	=СУММ	=СУММ	=СУММ
Общая сумма по факту	=СУММЕСЛИ(цех;B\$24;сум_факт)	=СУММ	=СУММ	=СУММ	=СУММ

Рис. Б.4. Решение задачи в режиме формул

Формулы, введенные в ячейки B25:B32, копируются в ячейки C25:F25, C26:F26, C27:F27, C28:F28, C29:F29, C30:F30, C31:F31, C32:F32 соответственно.

Microsoft Excel - Задача: глава4.xls	
Количество изделий, фактический выпуск которых превышает средний по предприятию	=СЧЁТЕСЛИ(E2:E21,СЧЕПТЬ(">";СРЗНАЧ(E2:E21)))
Количество изделий, плановая себестоимость которых в пределах от 1500 до 3000 руб.	=СЧЁТЕСЛИ(F2:F21;"<=3000")-СЧЁТЕСЛИ(F2:F21;"<1500")

Рис. Б.5. Расчеты в режиме формул

Здесь формула СРЗНАЧ (E2:E21) обеспечит расчет среднего фактического выпуска изделий, формула СЧЕПТЬ (">"; СРЗНАЧ (E2:E21)) позволит указать критерий отбора в функции СЧЁТЕСЛИ.

Формула СЧЁТЕСЛИ (F2:F21; "<=3000") позволит определить количество изделий, плановая себестоимость которых меньше либо равна 3000 рублей, формула СЧЁТЕСЛИ (F2:F21; "<1500") – количество изделий, плановая себестоимость которых меньше 1500 рублей, таким образом, в результате вычитания этого значения останутся только те изделия, плановая себестоимость которых лежит в пределах от 1500 до 3000 рублей.

РАБОТА С ВЕКТОРАМИ И МАТРИЦАМИ

В качестве примера рассмотрим задачу из варианта 1.

Расположим исходные данные на листе MS Excel так, как показано на рис. В.1.

Скопируем значения соотношения выпуска по моделям в ячейки A10:D13. Найдем определитель этой матрицы с помощью функции МОПРЕД. Если он не равен нулю, то матрица считается невырожденной, и, следовательно, значения x_1 , x_2 , x_3 и x_4 можно вычислить либо по методу Крамера, либо матричным методом.

Создадим матрицы A_1 , A_2 , A_3 , A_4 , заменив столбцы с коэффициентами при x_1 , x_2 , x_3 и x_4 соответственно столбцом свободных членов.

Найдем определители этих матриц с помощью функции МОПРЕД.

Вычислим значения x_1 , x_2 , x_3 , x_4 по формуле (6.13) (см. пример 6.3).

Для решения задачи матричным методом в ячейки G17:G20 введем формулу =МУМНОЖ(МОБР(A10:D13);F3:F6). Ввод формулы завершается нажатием сочетания клавиш CTRL+SHIFT+ENTER.

Выполним проверку решения задачи, как указано в примере 6.3.

Результаты решения представлены на рис. В.1 – В.2.

Исходные данные					
Потребитель	A	B	B	Г	Мощность потока в секунду, кв. см
1	1	2	2	1	80
2	2	1	6	6	100
3	7	6	4	9	330
4	3	3	1	3	117
Количество изделий	x_1	x_2	x_3	x_4	
Матрица A					Определитель матрицы A
					-32
					Определитель матрицы A1
					-384 x_1 12
					Определитель матрицы A2
					-480 x_2 16
					Определитель матрицы A3
					-576 x_3 18
					Определитель матрицы A4
					-352 x_4 11
Матрица A1					Матрица A2

Microsoft Excel - Задача 1.матриц									
10	Определитель матрицы A1	=МОПРЕД(A1B:D1D)	x1	=010/0300					
11	Определитель матрицы A2	=МОПРЕД(A2B:D2D)	x2	=011/0300					
12	Определитель матрицы A3	=МОПРЕД(A3B:D3D)	x3	=012/0300					
13	Определитель матрицы A4	=МОПРЕД(A4B:D4D)	x4	=013/0300					
14	Матричный метод								
15	x1	=МАТРИЦОВЫЙ(A1B:D1D;F3:F6)							
16	x2	=МАТРИЦОВЫЙ(A2B:D2D;F3:F6)							
17	x3	=МАТРИЦОВЫЙ(A3B:D3D;F3:F6)							
18	x4	=МАТРИЦОВЫЙ(A4B:D4D;F3:F6)							
19	Проверка								
20	a1	x1	x2	x3	x4	b	Результат		
21	=B10	2	=B11	2	=B12	1	=B13	80	=F3*F524+G2*F524+H2*F524+I2*F524+J24
22	=B10	1	=B11	6	=B12	6	=B13	180	=F3*G28+G2*G28+H2*G28+I2*G28+J28
23	=B10	6	=B11	4	=B12	0	=B13	230	=F3*G28+G2*G28+H2*G28+I2*G28+J28
24	=B10	2	=B11	1	=B12	3	=B13	117	=F3*G27+G2*G27+H2*G27+I2*G27+J27

Рис.В.2. Расчеты в режиме формул

В результате получаем, что в каждом швейном потоке с указанным соотношением выпуска по моделям изготавливается 12 костюмов модели А, 15 костюмов модели Б, 18 костюмов модели В и 11 костюмов модели Г.

Остальные варианты задач решаются аналогично.

Ответы на задачи

№ варианта	Ответ
1.	$x_1=12, x_2=15, x_3=18, x_4=11$
2.	$x_1=18, x_2=13, x_3=9, x_4=4$
3.	$x_1=3, x_2=12, x_3=8, x_4=6$
4.	$x_1=10, x_2=5, x_3=8, x_4=6$
5.	$x_1=10, x_2=4, x_3=7, x_4=6$
6.	$x_1=18, x_2=13, x_3=9, x_4=4$
7.	$x_1=25, x_2=2, x_3=4, x_4=6$
8.	$x_1=10, x_2=3, x_3=5, x_4=4$
9.	$x_1=4, x_2=2, x_3=2, x_4=1$
10.	$x_1=2, x_2=5, x_3=3, x_4=1$

Результаты расчетов:

Формулы:

Формулы:

12	ПРИЛОЖЕНИЕ							
13	Наименование оборудования руб.	Функция:	Амортизация по годам					
14			1	2	3	4	5	6
15	Поточная линия	АСЧ	=АСЧ(\$F\$4:\$G\$4;\$H\$4:1)	=АСЧ(\$F\$4:\$G\$4;\$H\$4:2)	=АСЧ(\$F\$4:\$G\$4;\$H\$4:3)	=АСЧ(\$F\$4:\$G\$4;\$H\$4:4)	=АСЧ(\$F\$4:\$G\$4;\$H\$4:5)	=АСЧ(\$F\$4:\$G\$4;\$H\$4:6)
16		ДДОВ	=ДДОВ(\$F\$4:\$G\$4;\$H\$4:1)	=ДДОВ(\$F\$4:\$G\$4;\$H\$4:2)	=ДДОВ(\$F\$4:\$G\$4;\$H\$4:3)	=ДДОВ(\$F\$4:\$G\$4;\$H\$4:4)	=ДДОВ(\$F\$4:\$G\$4;\$H\$4:5)	=ДДОВ(\$F\$4:\$G\$4;\$H\$4:6)
17	Производство стл	АСЧ	=АСЧ(\$F\$5:\$G\$5;\$H\$5:1)	=АСЧ(\$F\$5:\$G\$5;\$H\$5:2)	=АСЧ(\$F\$5:\$G\$5;\$H\$5:3)	=АСЧ(\$F\$5:\$G\$5;\$H\$5:4)	=АСЧ(\$F\$5:\$G\$5;\$H\$5:5)	=АСЧ(\$F\$5:\$G\$5;\$H\$5:6)
18		ДДОВ	=ДДОВ(\$F\$5:\$G\$5;\$H\$5:1)	=ДДОВ(\$F\$5:\$G\$5;\$H\$5:2)	=ДДОВ(\$F\$5:\$G\$5;\$H\$5:3)	=ДДОВ(\$F\$5:\$G\$5;\$H\$5:4)	=ДДОВ(\$F\$5:\$G\$5;\$H\$5:5)	=ДДОВ(\$F\$5:\$G\$5;\$H\$5:6)

2. Кредиты

Необходимо оценить возможность и выгодность ипотечного кредита, предоставляемого соискателю (рис. Г.1), различными банками.

ПРИЛОЖЕНИЕ КРЕДИТЫ			
26	Вариант	1	
27	Доход, у.е.	Срок, лет	Требуемая сумма займа, у.е.
	600	10000	10000

Рис.Г.1. Вариант 1

Для расчета выплат по кредиту воспользуемся функциями ПРПЛТ, ОСПЛТ и ПЛТ. Результаты расчета представлены на рисунке Г.2.

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
2	ПРИЛОЖЕНИЕ КРЕДИТЫ										
2	Расчет по вар.										
3	Банк	Ставка	Макс. срок предоставления кредита в банках	Срок кредита	Сумма кредита	Выплата по кредиту		Доход	%	Вывод	
4						%	ост. выплата	ост. плат			
5	Бетхусбанк	12%	10	5	10000	-100 др.	-96 др.	-196 др.	600 д	32,6%	Кредит не может быть предоставлен
6		14%	5	5	10000	-116 др.	-116 др.	-232 др.	600 д	38,8%	Кредит не может быть предоставлен
7		5%	30	10	10000	-41 др.	-61 др.	-105 др.	600 д	17,7%	Кредит может быть предоставлен
8		18%	5	5	10000	-150 др.	-100 др.	-250 др.	600 д	42,3%	Кредит не может быть предоставлен
9	Великост-банк	10%	10		10000	-83 др.			600 д	22,0%	Кредит может быть предоставлен
10		15%	5	5	10000	-125 др.	-48 др.	-132 др.	600 д	39,6%	Кредит не может быть предоставлен
11		5%	30	10	10000	-37 др.	-66 др.	-103 др.	600 д	17,3%	Кредит может быть предоставлен
12	Промстрой-банк	10%	40	10	10000	-83 др.	-48 др.	-132 др.	600 д	22,0%	Кредит может быть предоставлен
13											

Рис. Г.2. Анализ возможности получения кредита в банке

При этом расчете были использованы следующие формулы:

Ячейка F5 $\Rightarrow$ =ОКРУГЛ(ПРПЛТ(В5/12;1;12*Д5;Е5);1).

Ячейки F6-F12 $\Rightarrow$ копирование формулы из F5.

Ячейка G5 $\Rightarrow$ =ОСПЛТ(В5/12;1;12*Д5;Е5).

Ячейки G6-G12 $\Rightarrow$ копирование формулы из G5.

Ячейка H5 $\Rightarrow$ =(В5/12;12*Д5;Е5).

Ячейки H6-H12 $\Rightarrow$ копирование формулы из H5.

Ячейка J5 $\Rightarrow$ =-H5/I5.

Ячейки J6-J12 $\Rightarrow$ копирование формулы из J5.

Ячейка K5 $\Rightarrow$ =ЕСЛИ(ОКРУГЛ(J5*100;0)<=25;"Кредит может быть предоставлен";"Кредит не может быть предоставлен")

Ячейки K6-K12 $\Rightarrow$ копирование формулы из K5.

Подбор минимального срока кредитования нужной суммы при заданной банковской ставке.

Использование команды Подбор параметра для строки 1 (Беларусбанк) представлены на рисунке Г.3:

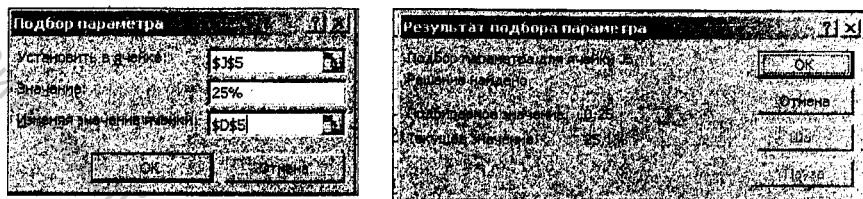


Рис.Г.3. Окна команды Подбор параметра

Для остальных строк, где значения столбца % больше 25% (ячейки G6, G8, G10), подбор срока кредитования выполняется аналогично с использованием той же команды Подбор параметра.

После использования команды Подбор параметра получим следующие результаты (см. рис. Г.4):

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	ПРИЛОЖЕНИЕ Г.Результаты										
14	Подбор параметра для строки 1										
	Банк	Ставка	Мин. срок кредитования	Срок кредитования	Сумма кредита	Выплата		Доход	%	Вывод	
16			кредитования	кредитования							
17	Беларусбанк	12%	10	9,1	10000	-100,0р.	-60,0р.	-160,0р.	600,0	25,1%	КРЕДИТ МОЖЕТ БЫТЬ ПРЕДОСТАВЛЕН
18		14%	5	10,0	10000	-116,7р.	-33,0р.	-180,0р.	600,0	25,0%	КРЕДИТ НЕ МОЖЕТ БЫТЬ ПРЕДОСТАВЛЕН
19		5%	30	6,8	10000	-41,7р.	-108,0р.	-160,0р.	600,0	25,0%	КРЕДИТ МОЖЕТ БЫТЬ ПРЕДОСТАВЛЕН
20		18%	5	33,8	10000	-150,0р.	-0,0р.	-180,0р.	600,0	25,1%	КРЕДИТ НЕ МОЖЕТ БЫТЬ ПРЕДОСТАВЛЕН
21	БИБ	10%	10	10	10000	-83,3р.	-48,0р.	-132,0р.	600,0	22,0%	КРЕДИТ МОЖЕТ БЫТЬ ПРЕДОСТАВЛЕН
22		15%	5	11,9	10000	-125,0р.	-26,0р.	-160,0р.	600,0	25,1%	КРЕДИТ НЕ МОЖЕТ БЫТЬ ПРЕДОСТАВЛЕН
23		5%	30	10	10000	-37,5р.	-66,0р.	-103,0р.	600,0	17,5%	КРЕДИТ МОЖЕТ БЫТЬ ПРЕДОСТАВЛЕН
24	ПСБ	10%	40	10	10000	-83,3р.	-48,0р.	-132,0р.	600,0	22,0%	КРЕДИТ МОЖЕТ БЫТЬ ПРЕДОСТАВЛЕН

Рис. Г.4. Результаты анализа

По результатам можно сделать вывод, что если рассчитанный срок менее максимального срока, на который банк может предоставить кредит, и процент выплат менее 25 от ожидаемого уровня доходов, то теоретически можно рассчитывать на кредит банка.

Для формулировки вывода в ячейку K17 внесена формула =ЕСЛИ(И(D17<=C17;ОКРУГЛ(J17*100;0)<=25);"Кредит может быть предоставлен";"Кредит не может быть предоставлен"), которая далее скопирована в ячейки K18:K24.

Право выбора банка остается за соискателем (см. рис Г.4).

3. Анализ инвестиционных проектов

Проанализируем возможности инвестора 1 с капиталом 100 млн.руб. Для него теоретически возможно финансирование проектов 1 и 2 (см. задание 3).

Оценку каждого проекта выполним по трем критериям:

- чистой приведенной стоимости NPV (функция ЧПС);
- внутренней нормы прибыли IRR (функция ВСД);
- показателю рентабельности $PI = NPV / I_0$. Проект рентабелен, если $PI \geq 1,2$.

На рисунке Г.5 представлены результаты расчетов этих показателей, на рисунке Г.6 приведены формулы, использованные для анализа.

ПРИЛОЖЕНИЕ АНАЛИЗ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ										
Инвестор 1										
Капитал	100									
Возможны проекты	1	2								
Анализ инвестиций										
Банк. ставка	15%									
№ проекта	Инвестиции	Годовые поступления, млн. руб.						ЧПС	ВНПр	Рент
	млн.руб	1	2	3	4	5	6	NPV	IRR	PI
1	-100,00	10,00	30,00	40,00	40,00	40,00	10,00	104,76р.	17%	1,048
2	-100,00	10,00	40,00	40,00	30,00	30,00	10,00	101,63р.	16%	1,016

Рис. Г.5. Оценка проекта

ПРИЛОЖЕНИЕ АНАЛИЗ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ										
Банк. ставка 10,15										
№ проекта	Инвестиции млн.руб.	Годовые поступления, млн. руб.						ЧПС NPV	ВНПр IRR	Рент PI
1	-100	10	30	40	40	40	10	=ЧПС(\$B\$9:C11:H11)	=ВСД(B11:H11)	=I11/B11
2	-100	10	40	40	30	30	10	=ЧПС(\$B\$9:C12:H12)	=ВСД(B12:H12)	=I12/B12

Рис. Г.6. Оценка проекта (формулы)

Оба проекта можно считать выгодными для инвестора, так как требуемые вложения – чистая приведенная стоимость (104,76 млн. руб. и 101,63 млн.руб.) выше требуемых инвестиций в проект (100 млн. руб.). Но поскольку показатель рентабельности получился ниже установленного уровня ($PI=1,2$), проект нельзя признать рентабельным, поэтому попробуем подобрать такое значение банковской ставки, при котором инвестиции будут рентабельны. Для этой цели используем команду Подбор параметра. Применим ее для каждого проекта, как показано на рисунках Г.7 и Г.8.

Подбор параметра

Установить в ячейке:

Значение:

Изменяя значение ячейки:

Результат подбора параметра

Подбор параметра для ячейки \$K\$17
 Значение:

Подобранное значение: 17%
 Изначальное значение: 11,20%

Рис.Г.7. Подбор банковской ставки, обеспечивающей рентабельность проекта 1

Подбор параметра

Установить в ячейке:

Значение:

Изменяя значение ячейки:

Результат подбора параметра

Подбор параметра для ячейки \$K\$18
 Значение:

Подобранное значение: 17%
 Изначальное значение: 11,20%

Рис.Г.8. Подбор банковской ставки, обеспечивающей рентабельность проекта 2

Результаты выполнения команды **Подбор параметра** представлены на рисунке Г.9.

	А	В	С	Д	Е	Ж	З	И	К	Л
14	ПРИЛОЖЕНИЕ АНАЛИЗ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ									
15	Расчет банковской ставки, обеспечивающей нужный уровень рентабельности									
16	№ проекта	Инвестиции, млн.руб.	Годовые поступления, млн.руб.						ЧПС NPV	ВНП IRR
17	1	-100,00	10,00	30,00	40,00	40,00	40,00	10,00	119,97	17%
18	2	-100,00	10,00	40,00	40,00	30,00	30,00	10,00	119,99	16%
										Рент PI
										Банковская ставка

Рис. Г.9. Результаты расчета банковской ставки, обеспечивающей рентабельность проектов 1 и 2

То есть, если найти банк, предлагающий ставки 10% и 9%, оба проекта можно финансировать с достаточной выгодой для инвестора. Окончательное решение остается за владельцем капитала.

Как уже говорилось, особый интерес представляет граничное значение выгодности проекта. Определим его для каждого из анализируемых проектов, воспользовавшись командой **Подбор параметра** (см. рис. Г.10 и рис. Г.11).

Подбор параметра

Установить в ячейке: \$L\$23
 Изменяя: 0
 Чтобы значение в ячейке: \$B\$23 стало: 0

OK Cancel

Результат подбора параметра

Подбор параметра для ячейки: L23
 Решения найдено: 1
 Изменяемая ячейка: B23
 Значение, которое было задано: 0

OK Отмена Целевая Пошагово

Рис. Г.10. Определение точки граничной выгодности проекта

Подбор параметра

Установить в ячейке: L24
 Изменяя: 0
 Чтобы значение в ячейке: \$B\$24 стало: 0

OK Cancel

Результат подбора параметра

Подбор параметра для ячейки: L24
 Решения найдено: 1
 Изменяемая ячейка: B24
 Значение, которое было задано: 0

OK Отмена Целевая Пошагово

Рис. Г.11. Определение точки граничной выгодности проекта 2

Результаты расчета точки граничной выгодности проектов 1 и 2 представлены на рисунке Г.12.

1	ПРИЛОЖЕНИЕ АНАЛИЗ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ											
20	Определение граничной выгодности проекта											
21	№	Инвестиции	Годовые поступления, млн. руб.						ЧПС	ВНПр	Рент	Анализ
22	проекта	млн.руб.	1	2	3	4	5	6	NPV	IRR	PI	выгодности
23	1	-104,76	10,00	30,00	40,00	40,00	40,00	10,00	104,76р.	15%	1,000	0,00р.
24	2	-101,63	10,00	40,00	40,00	30,00	30,00	10,00	101,63р.	15%	1,000	0,00р.

Рис. Г.12. Результаты расчета точки граничной выгодности проектов 1 и 2

Граничная выгодность проекта 1 равна 104,76 млн. руб., проекта 2 – 101,63 млн. руб.

ФУНКЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

Задания I уровня сложности

Разработать пользовательскую функцию $Y = f(a,b)$ на VBA для вычисления значения функции и построить в Excel график функции.

$$Y = \begin{cases} \sqrt{a}, & 0 \leq a < b \\ \sqrt{b}, & a \geq b \end{cases} \quad (Д.1)$$

Текст функции пользователя на VBA:

```
Function Y(a As Integer, b As Integer)
If a < 0 Then Y = "Y не определен"
If (a >= 0) And (a < b) Then Y = Sqr(a)
If a >= b Then Y = Sqr(b)
End Function
```

Формула с использованием встроенной функции ЕСЛИ вводится в ячейку С2 и копируется в ячейки С3:С15:

=ЕСЛИ(А2<0;"Y не определен"; ЕСЛИ(А2<\$Н\$3;
КОРЕНЬ(А2);КОРЕНЬ(\$Н\$3)))

На рисунках Д.1 и Д.2 приведены варианты расчета значений Y. В столбце В2:В15 Y вычисляется с использованием встроенной функции ЕСЛИ, в столбце С2:С15 – при помощи функции пользователя Y:

С2		=Y(A2;\$H\$3)				
Аргумент а	Y Функция ЕСЛИ	Y Функция пользователя				
-3	Y не определен	Y не определен	m	n	h	b
-2	Y не определен	Y не определен	-3	10	1	5
-1	Y не определен	Y не определен				
0	0	0				
1	1	1				
2	1,41	1,41				
3	1,73	1,73				
4	2,00	2,00				
5	2,24	2,24				
6	2,24	2,24				
7	2,24	2,24				
8	2,24	2,24				
9	2,24	2,24				
10	2,24	2,24				

Рис Д.1. Результаты расчета функции Y по формуле (Д.1)

B2	=ЕСЛИ(A2<0;"Y не определен";ЕСЛИ(A2<=\$H\$3;КОРЕНЬ(A2);КОРЕНЬ(\$H\$3)))									
Аргумент а	У Функция ЕСЛИ	Функция пользовател я								
=E3	=ЕСЛИ(A2<0;"Y не определен";ЕСЛИ(A2<=\$H\$3;КОРЕНЬ(A2);КОРЕНЬ(\$H\$3)))	=Y(A2;\$H\$3)		m	n	h	b			
=A2+\$G\$3	=ЕСЛИ(A3<0;"Y не определен";ЕСЛИ(A3<=\$H\$3;КОРЕНЬ(A3);КОРЕНЬ(\$H\$3)))	=Y(A3;\$H\$3)	-3	10	1	5				
=A3+\$G\$3	=ЕСЛИ(A4<0;"Y не определен";ЕСЛИ(A4<=\$H\$3;КОРЕНЬ(A4);КОРЕНЬ(\$H\$3)))	=Y(A4;\$H\$3)								
=A4+\$G\$3	=ЕСЛИ(A5<0;"Y не определен";ЕСЛИ(A5<=\$H\$3;КОРЕНЬ(A5);КОРЕНЬ(\$H\$3)))	=Y(A5;\$H\$3)								
=A5+\$G\$3	=ЕСЛИ(A6<0;"Y не определен";ЕСЛИ(A6<=\$H\$3;КОРЕНЬ(A6);КОРЕНЬ(\$H\$3)))	=Y(A6;\$H\$3)								
=A6+\$G\$3	=ЕСЛИ(A7<0;"Y не определен";ЕСЛИ(A7<=\$H\$3;КОРЕНЬ(A7);КОРЕНЬ(\$H\$3)))	=Y(A7;\$H\$3)								
=A7+\$G\$3	=ЕСЛИ(A8<0;"Y не определен";ЕСЛИ(A8<=\$H\$3;КОРЕНЬ(A8);КОРЕНЬ(\$H\$3)))	=Y(A8;\$H\$3)								
=A8+\$G\$3	=ЕСЛИ(A9<0;"Y не определен";ЕСЛИ(A9<=\$H\$3;КОРЕНЬ(A9);КОРЕНЬ(\$H\$3)))	=Y(A9;\$H\$3)								
=A9+\$G\$3	=ЕСЛИ(A10<0;"Y не определен";ЕСЛИ(A10<=\$H\$3;КОРЕНЬ(A10);КОРЕНЬ(\$H\$3)))	=Y(A10;\$H\$3)								
=A10+\$G\$3	=ЕСЛИ(A11<0;"Y не определен";ЕСЛИ(A11<=\$H\$3;КОРЕНЬ(A11);КОРЕНЬ(\$H\$3)))	=Y(A11;\$H\$3)								
=A11+\$G\$3	=ЕСЛИ(A12<0;"Y не определен";ЕСЛИ(A12<=\$H\$3;КОРЕНЬ(A12);КОРЕНЬ(\$H\$3)))	=Y(A12;\$H\$3)								
=A12+\$G\$3	=ЕСЛИ(A13<0;"Y не определен";ЕСЛИ(A13<=\$H\$3;КОРЕНЬ(A13);КОРЕНЬ(\$H\$3)))	=Y(A13;\$H\$3)								
=A13+\$G\$3	=ЕСЛИ(A14<0;"Y не определен";ЕСЛИ(A14<=\$H\$3;КОРЕНЬ(A14);КОРЕНЬ(\$H\$3)))	=Y(A14;\$H\$3)								
=A14+\$G\$3	=ЕСЛИ(A15<0;"Y не определен";ЕСЛИ(A15<=\$H\$3;КОРЕНЬ(A15);КОРЕНЬ(\$H\$3)))	=Y(A15;\$H\$3)								

Рис.Д.2. Формулы для расчета функции Y

Задания II уровня сложности

Разработать пользовательскую функцию на VBA для вычисления суммы $S=f(n,x)$ или произведения $P=f(n,x)$ элементов ряда. Использовать эту функцию в книге Excel для различных значений n и x :

$$S = \sum_{i=1}^n \frac{1}{2i+1} \left(\frac{x-1}{x+1} \right)^{i+1} \quad (\text{Д.2})$$

Текст функции пользователя на VBA:

```
Function S(n As Integer, x As Single)
Dim P As Single
Dim i As Integer
S = 0
P = (x - 1) / (x + 1)
For i = 1 To n
P = P * (x - 1) / (x + 1)
S = S + P / (2 * i + 1)
Next
End Function
```

Примем $n_1 = 5$, $x_1 = 2$; $n_2 = 6$, $x_2 = 3,5$.

Для сравнения выполним расчет значения суммы по алгоритму вычисления суммы, занося промежуточные вычисления в соответствующие

ячейки рабочего листа, и с использованием функции пользователя $S(n, x)$ (см. рис. Д.3 и Д.4).

Для наглядности вычислений для первого варианта данных (исходные данные размещены в ячейках A3:B5) используем именованные ячейки, как показано на рис. Д.3: ячейке B3 присвоим имя x , ячейке B4 присвоим имя S_0 , ячейке B5 присвоим имя P_0 , диапазону ячеек A7:A11 присвоим имя i .

Расчет по второму варианту исходных данных (ячейки A13:B15) выполним с использованием абсолютных ссылок на ячейки B13 и B15.

Очевидно, что первый вариант, использующий именованные ячейки, нагляднее, но право выбора остается за пользователем.

x		2	
$x=$	2		
$S_0=$	0		
$P_0=$	$=(B3-1)/(B3+1)$		
i	P	S расчет	S функция
1	$=P_0*(x-1)/(x+1)$	$=S_0+B7/(2^1+1)$	
2	$=B7*(x-1)/(x+1)$	$=C7+B8/(2^2+1)$	
3	$=B8*(x-1)/(x+1)$	$=C8+B9/(2^3+1)$	
4	$=B9*(x-1)/(x+1)$	$=C9+B10/(2^4+1)$	
5	$=B10*(x-1)/(x+1)$	$=C10+B11/(2^5+1)$	$=S(A11;B\$3)$
$x=$	3,5		
$S_0=$	0		
$P_0=$	$=(B13-1)/(B13+1)$		
i	P	S расчет	S функция
1	$=B15*(B\$13-1)/(B\$13+1)$	$=B14+B17/(2^1*A17+1)$	
2	$=B17*B\$15$	$=C17+B18/(2^2*A18+1)$	
3	$=B18*B\$15$	$=C18+B19/(2^3*A19+1)$	
4	$=B19*B\$15$	$=C19+B20/(2^4*A20+1)$	
5	$=B20*B\$15$	$=C20+B21/(2^5*A21+1)$	
6	$=B21*B\$15$	$=C21+B22/(2^6*A22+1)$	$=S(A22;B\$13)$

Рис. Д.3. Вычисление суммы элементов ряда по формуле (Д.2)

И в первом, и во втором случае расчет по каждому методу дал один и тот же результат. Расчет по формулам, использующим рекуррентные соотношения, более громоздок, в то время как функция пользователя делает решение лаконичным и элегантным.

1		1	
$x=$	2		
$S_0=$	0		
$P_0=$	0,33		
I	P	S расчет	S функция
1	0,1111	0,0370	
	0,0370	0,0444	
	0,0123	0,0462	
	0,0041	0,0467	
	0,0014	0,0468	0,0468
$x=$	3,5		
$S_0=$	0		
$P_0=$	0,56		
I	P	S расчет	S функция
1	0,3086	0,1029	
2	0,1715	0,1372	
3	0,0953	0,1508	
4	0,0529	0,1567	
5	0,0294	0,1593	
6	0,0163	0,1606	0,1606

Рис. Д.4. Вычисление суммы элементов ряда по формуле (Д.2).
Результаты.

РЕШЕНИЕ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ И ТРАНСЦЕНДЕНТНЫХ УРАВНЕНИЙ

Ответы:

Вариант	Метод решения	Интервал изоляции корня	Корень уравнения
1.	Метод Ньютона	$[0,2; 0,4]$	$x = 0,3421$
2.	Метод Ньютона	$[-0,4; -0,2]$	$x = -0,2475$
3.	Метод простой итерации	$[3,0; 3,2]$	$x = 3,1522$
4.	Метод простой итерации	$[3,6; 3,8]$	$x = 3,6434$
5.	Метод половинного деления	$[1,3; 1,5]$	$x = 1,4363$
6.	Метод простой итерации	$[2,7; 2,9]$	$x = 2,8135$
7.	Метод Ньютона	$[1,8; 2,0]$	$x = 1,8862$
8.	Метод половинного деления	$[3,3; 3,5]$	$x = 3,3969$
9.	Метод Ньютона	$[2,8; 3,0]$	$x = 2,9980$
10.	Метод простой итерации	$[0,9; 1,1]$	$x = 0,9996$
11.	Метод Ньютона	$[1,4; 1,6]$	$x = 1,4182$
12.	Метод простой итерации	$[0,2; 0,4]$	$x = 0,2391$
13.	Метод половинного деления	$[0,1; 0,3]$	$x = 0,1675$
14.	Метод простой итерации	$[0,6; 0,8]$	$x = 0,7624$
15.	Метод Ньютона	$[1,3; 1,5]$	$x = 1,3107$
16.	Метод половинного деления	$[0,5; 0,7]$	$x = 0,5342$
17.	Метод простой итерации	$[2,4; 2,6]$	$x = 2,4884$
18.	Метод Ньютона	$[1,2; 1,4]$	$x = 1,2502$
19.	Метод половинного деления	$[1,8; 2,0]$	$x = 1,8400$
20.	Метод Ньютона	$[1,0; 1,2]$	$x = 1,0645$

ЛИТЕРАТУРА

1. Першиков, В. И. Толковый словарь по информатике / В. И. Першиков, В. М. Савинков. – Москва : Финансы и статистика, 1991. – 543 с.
2. Прикладная информатика : учебное пособие / А. Н. Морозевич [и др.] ; под общ. ред. А. Н. Морозевича. – Минск : Высшая школа, 2003. – 335 с.
3. Информационные технологии в экономике / под ред. А. Н. Романова. – Минск : ЗАО «Веды», 1998. – 240 с.
4. Дубина, А. Excel для экономистов и менеджеров / А. Дубина, С. Орлова, И. Шубина. – Санкт-Петербург : Питер, 2004. – 295 с.
5. Биллинг, В. А. Мир объектов Excel 2000. Средства разработки VBA-программиста / В. А. Биллинг. – Москва : Издательско-торговый дом «Русская редакция», 2001. – 240 с.
6. Бажин, И. И. Информационные системы менеджмента / И. И. Бажин. – Москва : ГУ – ВШЭ, 2000. – 608 с. : ил.
7. Похабов, В. И. Экономико-математические методы и модели : практикум / В. И. Похабов. – Минск : БНТУ, 2003. – 130 с.
8. Курицкий, Б. Я. Поиск оптимальных решений средствами Excel / Б. Я. Курицкий. – Санкт-Петербург : БНВ-Санкт-Петербург, 1997. – 282 с.
9. Юферева, О. Д. Экономико-математические методы и модели : сборник задач / О. Д. Юферева. – Минск : БГЭУ, 2000. – 103 с.
10. Юферева, О. Д. Экономико-математические методы и модели : методические рекомендации / О. Д. Юферева. – Минск : БГЭУ, 2000. – 58 с.
11. Комягин, В. Н. Программирование в Excel 5.0 и Excel 7.0 на языке Visual Basic / В. Н. Комягин. – Москва : Радио и связь, 1996. – 320 с.
12. Рязов, Н. Н. Общая теория статистики / Н. Н. Рязов. – Москва : Статистика, 1979. – 279 с.
13. Главный бухгалтер. ГБ : практический журнал. – 2006, №2.
14. Статистический ежегодник Республики Беларусь, 2004 / Министерство статистики и анализа Республики Беларусь. – Минск, 2004. – 660 с.

Библиотека ВГТУ



Учебное издание

Вардомацкая Елена Юрьевна

Окишева Татьяна Николаевна

Информатика

В двух частях. Часть II. Excel

Учебное пособие

Редактор В. П. Беляев

Технический редактор Е. Л. Афанасьева

Корректор И. П. Лабузова

Компьютерная верстка К. Г. Осипов

Подписано к печати 13.04.07. Формат 60х90 1/16. Бумага офсетная №1.
Гарнитура «Таймс». Усл.-печ. листов 13,8. Уч.-издат. листов 18,2. Тираж 163 экз. Зак. № 211

Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет» 210035, г. Витебск, Московский пр-т, 72.

Отпечатано на ризографе учреждения образования «Витебский
государственный технологический университет»
Лицензия №02330/0133005 от 1 апреля 2004 г.