

В.П. Дьяконов



Mathcad 8-12

для всех

Полное описание
всех версий Mathcad

Применение системы Mathcad
в учебном процессе и работе

Визуализация
результатов вычислений

Сотни иллюстраций
и примеров применения??

Полное руководство пользователя

УДК 621.396.218

ББК 32.884.1

Д93

В. П. Дьяконов

Д93 **Mathcad 8—12 для студентов.**

Серия «Библиотека студента». — М.: СОЛОН-Пресс, 2010. — 632 с.: ил.

ISBN 5-98003-212-6

Содержит полное описание самых популярных версий системы Mathcad (от Mathcad 8 до новейшей Mathcad 12), ориентированное на студентов и преподавателей вузов, а также инженеров и научных работников. Особое внимание уделено наглядности описания, визуализации результатов вычислений и примерам применения систем в практике математических, научно-технических и учебных расчетов. В книге описаны многие сотни примеров применения систем класса Mathcad. Для всех пользователей системами Mathcad. Может служить описанием систем, руководством пользователя по ним и самоучителем.

КНИГА — ПОЧТОЙ

Книги издательства «СОЛОН-Пресс» можно заказать наложенным платежом (оплата при получении) по фиксированной цене. Заказ оформляется одним из двух способов:

1. Послать открытку или письмо по адресу: 123001, Москва, а/я 82.
2. Передать заказ по электронной почте на адрес: magazin@solon-r.ru.

Бесплатно высылается каталог издательства по почте.

При оформлении заказа следует правильно и полностью указать адрес, по которому должны быть высланы книги, а также фамилию, имя и отчество получателя. Желательно указать дополнительно свой телефон и адрес электронной почты.

Через Интернет вы можете в любое время получить свежий каталог издательства «СОЛОН-Пресс». Для этого надо послать пустое письмо на робот-автоответчик по адресу: katalog@solon-r.ru.

Получать информацию о новых книгах нашего издательства вы сможете, подписавшись на рассылку новостей по электронной почте. Для этого пошлите письмо по адресу: news@solon-r.ru. В теле письма должно быть написано слово SUBSCRIBE.

По вопросам приобретения обращаться:

ООО «Альянс-книга»

Тел: (095) 258-91-94, 258-91-95, www.abook.ru

ISBN 5-98003-212-6

© Макет и обложка «СОЛОН-Пресс», 2010

© В. П. Дьяконов, 2010

Глава 1. Первое знакомство с Mathcad

Цель этой главы — дать начальные сведения о системе Mathcad, в частности о ее версиях от Mathcad 8 до Mathcad 12. Начинающему пользователю полезно получить из этой главы общее представление о системах класса Mathcad. А опытного пользователя, возможно имеющего свои наборы документов, созданные в прежних версиях системы, не могут не заинтересовать различия между различными версиями и новые возможности последних версий. Детальные данные об особенностях реализации разных версий системы Mathcad имеются в Приложении 1 справочного раздела книги.

1.1. Общие сведения о системе Mathcad

1.1.1. История создания и место системы Mathcad

Mathcad — это популярная система компьютерной математики [1—23], предназначенная для автоматизации решения массовых математических задач в самых различных областях науки, техники и образования. Название системы происходит от двух слов — MATHematica (математика) и CAD (Computer Aided Design — системы автоматического проектирования, или САПР). Так что вполне правомерно считать Mathcad математической САПР.

Первые версии системы Mathcad 1.0/2.0 работали в среде MS-DOS и предназначались только для численных расчетов [2]. При этом, впервые в разработке систем компьютерной математики, был использован визуально-ориентированный подход к подготовке документов с применением для задания математических формул шаблонов. Начиная с версии Mathcad 3.0 [2] система ориентировалась на операционные системы класса Windows и приобрела средства для выполнения символьных (аналитических) операций.

Сегодня различные версии Mathcad [2—23] являются математически ориентированными универсальными вычислительными системами. Помимо собственно вычислений, как численных, так и аналитических, они позволяют с блеском решать сложные оформительские задачи, которые с трудом даются популярным текстовым редакторам или электронным таблицам. С помощью Mathcad можно, например, готовить статьи, книги, диссертации, научные отчеты, дипломные и курсовые проекты не только с качественными текстами разного стиля, но и с легко осуществляемым набором самых сложных математических формул, изысканным графическим представлением результатов вычислений и многочисленными «живыми» примерами. А применение библиотек и пакетов расширения обеспечивает профессиональную ориентацию Mathcad на любую область науки, техники и образования.

Начиная с версии Mathcad 8.0 [6, 7, 14] система обрела основную массу встроенных в ее ядро функций:

- свыше 80 математических функций;
- 10 функций преобразования;
- 110 статистических функций;
- 18 функций для решения дифференциальных уравнений;

- функции поиска корней уравнений;
- 47 функций для работы с векторами и матрицами;
- 28 функций для работы с файлами;
- 14 функций для работы с выражениями и строками.

Mathcad 2000 [7, 8] обогатил систему 18 новыми функциями для финансово-экономических вычислений. В последующем рост числа функций, к сожалению, приостановился — каждая очередная версия прибавляла от силы несколько функций — особенно преуспела в этом версия Mathcad 11, в ней появились комплексные функции Бесселя и Ханкеля, *sin*-функция и несколько функций для обработки данных. Mathcad 12 добавила к этому функции вычислений 1D- и 2D-корреляции и генерации логарифмически распределенных точек. Была восстановлена функция *until*, бывшая в Mathcad 8, но затем исчезнувшая.

Среди других систем компьютерной математики, таких как Maple [24], Mathematica [25] и MATLAB [26, 27], система Mathcad по-прежнему выделяется своим дружелюбным по отношению к пользователю интерфейсом, а также удобным и чрезвычайно простым в применении математически и визуально ориентированным языком общения с пользователем. Именно это объясняет популярность системы. Число ее только легальных пользователей в мире превысило два миллиона.

К важным достоинствам новых версий Mathcad относятся возможность настройки под любой мало-мальски известный тип печатающих устройств, богатый набор шрифтов, возможность использования всех инструментов Windows, прекрасная графика и современный многооконный интерфейс. В новые версии Mathcad включены самые эффективные средства оформления документов в цвете с гипертекстовыми и гипермедиассылками, открытыми и закрытыми областями. Имеется возможность создания самых разнообразных двумерных, трехмерных и даже анимационных (движущихся) графиков и звукового сопровождения. Будучи интегрированными программными системами, Mathcad объединяют в себе текстовый, формульный и графический редакторы и два ядра (самой системы и ядро символьных операций системы Maple, приобретенной по лицензии у фирмы Waterloo Maple).

Предусмотрена и возможность объединения с другими математическими и графическими системами для решения особо сложных задач. Отсюда и название таких систем — *интегрированные* системы. Впрочем, в решении задач интеграции создатели Mathcad пошли намного дальше — эта система обеспечивает подлинную интеграцию с целым рядом других математических, графических и офисных систем.

Между версиями Mathcad 8 — Mathcad 12 есть определенные, порою достаточно серьезные, отличия. Они представлены в Приложении 1. Это приложение позволяет пользователю в сомнительных случаях проверить, есть ли в его текущей версии Mathcad необходимые возможности и функции. Однако материал данной книги построен так, что для подавляющего большинства примеров на эти отличия можно не обращать внимания. Там, где это не так, отличия отмечаются отдельно.

Особенности новейшей версии Mathcad 12 сводятся к следующему:

- повышена скорость операций — для больших матриц до трех раз;
- введены новые форматы файлов XML (без компрессии и с ней);
- введен новый тип данных NaN (не физические значения) и функция проверки этих данных;

- улучшена работа с размерными переменными и несколько расширен список размерностей;
- введены новые нормированные функции Эйри;
- введены новые функции одномерного и двумерного корреляционного анализа;
- введены функции `logspace` и `logpts` для построения логарифмических графиков;
- введена новая функция `time` для хронометрирования вычислений;
- восстановлена ранее удаленная функция `until`;
- системная переменная `ORIGIN` может использоваться для индексирования строковых переменных;
- удалена функция Кронекера и введен запрет на задание рекуррентных функций пользователя;
- улучшены средства регрессии общего вида, ввода векторных и матричных операций, улучшена работа со строковыми переменными, стало возможным переопределение встроенных функций и переменных и т. д.

1.1.2. Документы и рабочие листы Mathcad

Отличительной чертой всех версий Mathcad являются так называемые *документы*, которые объединяют описание математического алгоритма решения задачи (или ряда задач) с текстовыми комментариями и результатами вычислений, заданными в форме символов, чисел, таблиц или графиков. В оригинале документы системы Mathcad ныне названы английским словом «worksheets». В научном мире длинные листы бумаги с текстами, формулами и графиками шутливо называют рабочими «простынями» — так и переводится слово «worksheets» буквально. Или, более скромно, — рабочими листами. Мы оставим более короткий и привычный нам термин «документы».

Фактически документы Mathcad объединяют программу на визуально-ориентированном языке программирования Mathcad с результатами ее работы и текстовыми и формульными комментариями. Напомним, что визуально-ориентированные языки программирования задают программу не в виде малопонятных кодов, а в виде визуально понятных объектов. Язык программирования Mathcad ориентирован на математические вычисления и потому практически не отличается от обычного языка математических статей, отчетов и книг. Это огромное достоинство системы Mathcad. Оно делает документы Mathcad вполне ясными даже школьникам и студентам младших курсов вузов, имеющим элементарные знания по математике.

Итак, уникальное свойство Mathcad — возможность описания математических алгоритмов в естественной математической форме с применением общепринятой символики для математических знаков, таких, например, как квадратный корень, знак деления в виде горизонтальной черты, знак интеграла и так далее. Это делает документ, видимый на экране дисплея, чрезвычайно похожим на страницы текста математических книг и научных статей.

Такой подход значительно облегчает восприятие математической сущности решаемой задачи и избавляет пользователя от изучения некоторого промежуточного языка программирования (например, Фортрана, Бейсика, Паскаля и т. д.). Можно сказать, что в Mathcad идея решения математических задач без их программирования доведена до высшего совершенства — подавляющее большинство решаемых

задач требуют лишь корректного формульного описания решения и не нуждаются в подготовке программ в общепринятом понимании.

1.1.3. Входной язык и язык реализации Mathcad

Как следует из вышесказанного, общение пользователя с системой Mathcad происходит на уровне так называемого *входного языка*, максимально приближенного к обычному языку описания математических задач. Поэтому решение таких задач не требует программирования в общепринятом смысле — написания программ на некотором промежуточном языке или в машинных кодах.

Вот, к примеру, как выглядит вычисление квадрата переменной x с заданным значением $x = 3$ на популярном языке Бейсик и на Mathcad:

Бейсик	Mathcad	Комментарий
<code>x = LET(3)</code>	<code>x := 3</code>	Переменной x присваивается значение 3
<code>y = x^2</code>	<code>y := x^2</code>	Переменной y присваивается значение x^2
<code>PRINT("y =" ; y)</code>	<code>y = 9</code>	Вывод значения переменной y

Нетрудно заметить, что запись выражений на входном языке Mathcad куда более естественна, чем на Бейсике. К тому же она существенно короче. Эти достоинства проявляются еще сильнее при сложных вычислениях. Тем не менее это не означает, что в системе нет своего языка программирования. В действительности он есть, но это математически ориентированный особый язык программирования сверхвысокого уровня, используемый в основном как входной язык для диалога с системой.

Входной язык Mathcad относится к *интерпретирующему* типу. Это означает, что когда система опознает какой-либо объект, она немедленно исполняет указанные в блоке операции. Объектами системы могут быть формульные, текстовые и графические блоки. При этом формульные блоки могут иметь особые признаки — атрибуты, например, активности, пассивности и оптимизации. Мы их рассмотрим в дальнейшем.

Важно сразу учесть, что Mathcad выполняет действия над блоками в строго определенном порядке — блоки анализируются (оцениваются) слева направо и сверху вниз. Это означает, что блоки нельзя располагать в документе произвольно. Блоки, готовящие какие-либо операции, должны предшествовать блокам, выполняющим эти операции. Исключением являются блоки с глобальным определением (они также будут рассмотрены позже). Их можно располагать в любом месте документа, например в конце.

В подавляющем большинстве расчетных задач входной язык общения с Mathcad позволяет задавать их решение в виде вводимых с помощью операторов и функций математических формул и указывать тип желаемых результатов (таблицы или графики). Специальные приемы предусмотрены лишь для циклического изменения переменных и создания так называемых ранжированных переменных, имеющих набор значений.

Визуально-ориентированный язык общения системы Mathcad надо отличать от *языка реализации* системы, то есть обычного языка программирования высокого уровня, на котором написана система. Языком реализации системы Mathcad является один из самых мощных языков высокого уровня — C++.

По существу, входной язык системы — промежуточное звено между скрытым от пользователя языком документа и языком реализации системы. По мере того как пользователь создает (средствами текстового, формульного и графического редакторов) в окне редактирования объекты (тексты, формулы, таблицы и графики), система сама составляет программу на некотором промежуточном языке связи, которая хранится в оперативной памяти до тех пор, пока не будет сохранена на диске в виде файла с расширением *.mcd*. Однако важно подчеркнуть, что от пользователя не требуется знать языки программирования (реализации и связи), достаточно освоить приближенный к естественному математическому языку входной язык системы.

В новых версиях Mathcad значительно снижены требования и к знанию даже входного языка. Практически все операторы, имеющие вид привычных математических символов, можно выбирать мышью в палитрах математических объектов, а большинство математических функций (например, \sin , \cos , \exp и т. д.) имеют естественную форму задания, например, $\sin(x)$ так и вводится — $\sin(x)$. К тому же есть возможность выбора функций из списка, имеющегося в специальном окне, что резко уменьшает вероятность ошибок при вводе. Этот список выводится с помощью кнопки $f(x)$ на панели инструментов.

В Mathcad эффективно решена проблема сквозной передачи данных от одного объекта к другому, например, от одного математического выражения к другому, от него к таблицам, от таблиц к графикам и т. д. Поэтому изменение в любой формуле или в задании входных данных тут же ведет к пересчету задачи по всей цепи взаимодействия объектов, что, однако, не относится к символьным операциям, реализуемым с помощью команд меню.

1.1.4. Традиционные средства программирования

Лучшее — враг хорошего! Это в полной мере можно сказать о входном языке первых версий Mathcad для Windows. Этот язык был доведен до такого «совершенства», что из него напрочь исчезли многие основополагающие средства программирования (например, циклы, условные выражения, процедуры, обработчики ошибок и т. д.) в привычном для программистов виде. В результате пользователь, привыкший к обычному программированию, испытывал большие неудобства от замены этих средств непривычными средствами системы Mathcad. Тем более что иногда описание задачи в общепринятом на языках программирования виде оказывается предпочтительным и куда более коротким.

Впрочем, рассматриваемые в данной книге версии Mathcad давно избавились и от этого недостатка. В них включены важнейшие средства программирования и предусмотрена возможность задания программных блоков — процедур с общепринятыми операторами программирования. В совокупности с иными средствами входного языка это делает его необычайно гибким, мощным и наглядным.

1.1.5. Средства оптимизации вычислений

Как отмечалось, входной язык системы Mathcad — интерпретирующий. Интерпретаторы работают медленно, поэтому не случайно, что пользователи, работавшие со старыми версиями Mathcad, отмечали медлительность систем, особенно при сложных вычислениях и при построении графиков.

В последние версии Mathcad введена экспертная система *SmartMath*. Эта система старается использовать при численных вычислениях конечные формулы, полу-

ченные в результате символьных (аналитических) преобразований. Часто (хотя и не всегда) это дает значительное ускорение вычислений в сравнении с их реализацией численными методами.

Операция оптимизации вычислений с помощью системы SmartMath вводится специальными атрибутами (знак * после формул) и словами — директивами. Их число в новых версиях Mathcad значительно увеличено и для ввода операторов и директив символьной математики добавлена специальная палитра. Так что система SmartMath превратилась в полноправного члена семьи Mathcad. Наиболее развит этот подход в версиях системы начиная с Mathcad 2001 Premium и Mathcad 2001i, в состав которых введено оптимизирующее расширение *The Expert Solver*, автоматически включающее «на всю катушку» средства SmartMath и превращающее Mathcad в систему искусственного интеллекта. В Mathcad 11/12 эти средства стали встроенными в систему. Можно включать оптимизацию как отдельных выражений, так и документа в целом.

1.1.6. Средства расширения систем Mathcad

Начиная с версии Mathcad PLUS 5.0 в систему введена возможность ее расширения функциями, которые задаются обычными программами на языке С или С++. Однако это не позволяет эффективно и просто решить проблему «усиления» системы. На С или С++ хорошо программируют системные программисты, но они весьма редко разбираются в сути математических задач. Обычные пользователи, освоив возможности Mathcad, не захотят возвращаться к тому, от чего уже ушли — к программированию на достаточно сложном языке. В общем, как в ходячей фразе — «за что боролись, на то и напоролись»!

Как отмечалось, начиная с версии Mathcad PLUS 6.0 у системы появилась весьма изящная возможность записи встроенных в документ программных модулей, реализующих типовые управляющие структуры и записанных в виде обычных программ. Так что теперь Mathcad предоставляет программистам полную возможность для самовыражения. Средством локального расширения системных возможностей являются также функции пользователя.

Однако в наивысшей степени средства расширения системы Mathcad представлены сменными проблемно-ориентированными электронными книгами, библиотеками и пакетами расширения. Они позволяют настроить систему на наиболее эффективное решение задач в любой области науки и техники — в математике, физике и химии, в астрономии, механике, электротехнике и радиотехнике, в биологии и в экономике, в финансах, статистике и т. д.

Электронные книги — это пакеты для решения задач в определенной области науки и техники, ориентированные на типовые средства систем класса Mathcad.

Пакеты расширения — это укрупненные библиотеки, поставляемые с электронными книгами, учитывающими новые операторы и функции, которые пакеты расширения вводят в базовую систему Mathcad. Входящие в них электронные книги нельзя использовать без соответствующих библиотек. Описание ряда пакетов расширения можно найти в [10, 11].

Библиотеки — это комплекты электронных книг и пакетов расширения. Очень часто библиотеки строятся на основе электронных вариантов крупных справочников и энциклопедий по тем или иным отраслям знаний, например по механике, астрономии или электротехнике.

ПРИМЕЧАНИЕ В конце названий пакетов расширения имеются слова «*Extension Pack*», а библиотек — слово «*Library*». Уже сейчас суммарный объем выпущенных электронных книг, пакетов расширения и библиотек достигает многих сотен мегабайт и для их мало-мальски серьезного описания нужны специальные книги (на сей раз обычные).

1.2. Начало работы с Mathcad

1.2.1. Запуск Mathcad

Mathcad обычно используется в среде операционных систем Windows 96/98/ME/NT/2000/XP. Естественно, что более ранние версии Mathcad могут работать с более ранними версиями Windows. Установка (инсталляция) системы Mathcad в наши дни общеизвестна и описана в многочисленных книгах [6—11]. Поэтому будем считать, что система Mathcad той или иной версии уже установлена на вашем ПК. Хотя ниже описана работа с новейшими версиями Mathcad 11 и 12, пользователи более старыми версиями не испытывают особых затруднений в знакомстве с ними.

Для запуска Mathcad откройте главное меню Windows, щелкнув на кнопке Start (Пуск) и раскрыв меню Programs (Программы), в котором можно обнаружить подменю с относящимися к Mathcad командами. Это подменю имеет заданное при установке имя — MathSoft Apps (или иное, если вы его задали сами). Команда запуска системы называется Mathcad*, где * обозначает конкретную используемую версию системы. Если вы намерены часто работать с системой Mathcad, имеет смысл разместить ярлык программы на рабочем столе Windows 98/ME/2000/NT (рис. 1.1). Как это делается, читатель хорошо знает.

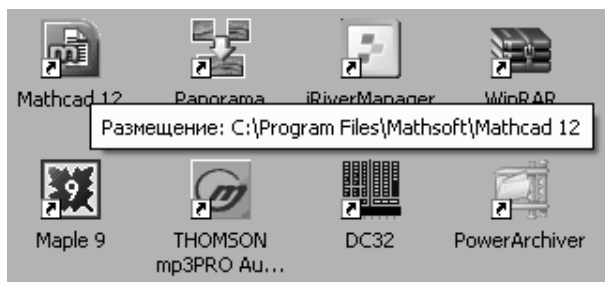


Рис. 1.1. Подготовка к запуску системы Mathcad 12 с помощью ярлыка на рабочем столе Windows

После запуска Mathcad на некоторое время (зависит от быстродействия ПК) появляется заставка, которая вскоре сменяется основным окном системы (рис. 1.2). В окне системы присутствует окно Mathcad Tips с подсказками по работе с системой. Кроме того, видна панель математических палитр, которую можно перенести в область инструментальных панелей, расположенную под меню системы.

О различии интерфейса систем можно судить по рис. 1.3, на котором показано окно системы Mathcad 8. Сравнив его с окном Mathcad 12 (рис. 1.2), можно убедиться в том, что существенного изменения интерфейса не произошло. В Mathcad 12 появился ряд новых кнопок в панелях инструментов, но разобраться в их на-

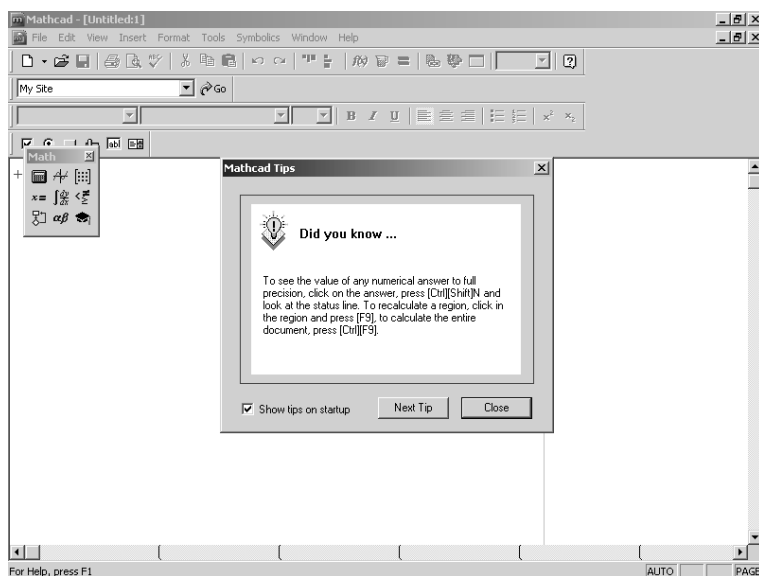


Рис. 1.2. Окно системы Mathcad 12 в среде операционной системы Windows XP

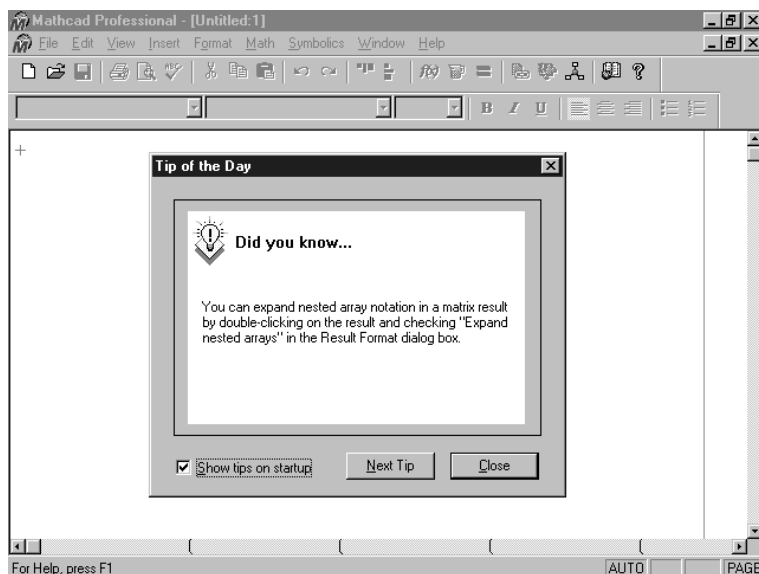


Рис. 1.3. Окно системы Mathcad 8

значении нетрудно. Тем более если учесть, что при наведении курсора мыши на ту или иную кнопку около нее появляется желтый прямоугольник со справкой о назначении данного объекта интерфейса.

В окне систем Mathcad 2000 — Mathcad 11 присутствует окно Центра ресурсов (Resource Center), дающее доступ к учебнику для новых пользователей, средствам обновления (Upgraders), Интернет-сайту фирмы MathSoft, Inc. и средствам коллективной работы над научными проектами. Это окно имеет стандартные средства

управления окнами. В частности, используя кнопку Заккрыть, это окно можно закрыть и оно исчезнет с экрана. Обычно в окне системы присутствует и панель палитр математических знаков. С помощью позиции View меню можно менять состав инструментальных панелей и подгонять интерфейс систем Mathcad под свой вкус.

1.2.2. Основные возможности систем Mathcad

Приведем примеры работы с системой Mathcad (рис. 1.4), сразу выявляющие ее главные возможности и особенности. Нетрудно заметить, что в этих примерах задана некоторая функция $f(x)$, построен ее график, вычислены корни функции (значения x , при которых $f(x) = 0$), найдено значение производной $f'(x)$ в точке $x = 0$ и, наконец, вычислен определенный интеграл с подынтегральной функцией $f(x)$ и пределами от $a = 0$ до $b = 10$. Таким образом, проведен хотя и не исчерпывающий, но достаточно полный анализ функции $f(x)$.

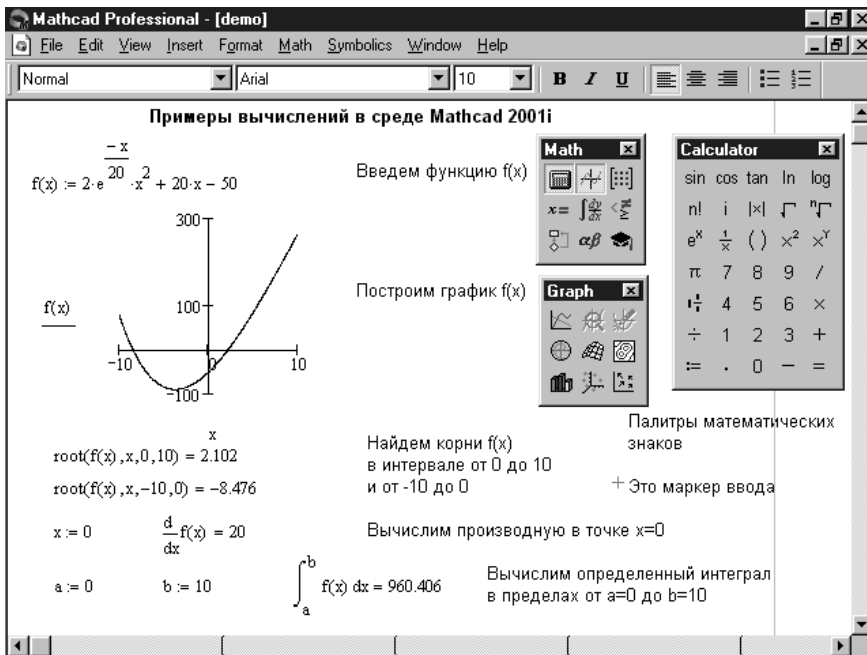


Рис. 1.4. Примеры работы с системой Mathcad 2001i

Рисунок 1.5 показывает этот же документ в среде новейшей версии Mathcad 12. Сравнение рис. 1.5 с 1.4 показывает на полное отсутствие отличий в самом документе — разве что только чуть заменена надпись, в которой уточнена версия системы. Основные отличия видны в интерфейсе, да и те, скорее, вызваны разными наборами выведенных панелей инструментов.

Учитывая сказанное, в большинстве примеров применения систем Mathcad в данной книге приводится только вид документов — рисунки даются в рамке. Подавляющее большинство примеров при этом не зависит от используемой версии системы Mathcad. Однако, если используются средства, характерные для той или иной версии, то документы для них будут непригодны для других версий без определенной доработки. Такие случаи будут оговариваться отдельно.

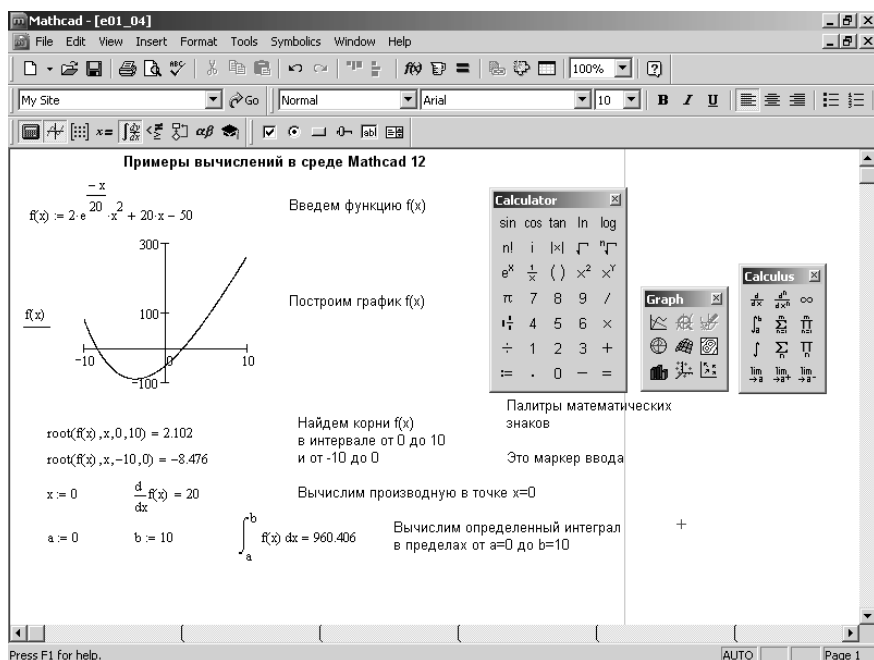


Рис. 1.5. Примеры работы с системой Mathcad 12

Все приведенные на рисунке примеры предельно наглядны и одинаковы для любой версии Mathcad. Лишь при внимательном рассмотрении возникают отдельные вопросы: как введена функция $f(x)$, как конкретно построен ее график, почему вместо записи $x = 0$ стоит «странное» $x := 0$, что это за функция root , как задаются математические символы дифференцирования и интегрирования, откуда в англоязычной программе взялись русскоязычные комментарии? И что еще может Mathcad? Ответы на эти и множество других подобных вопросов и составляют содержание последующих глав этой книги.

1.3. Основы работы с системой Mathcad

1.3.1. К чему сводится работа в среде Mathcad

В простейшем случае работа с системой Mathcad сводится к вводу в окне редактирования заданий на вычисления и установке форматов для их результатов. Для этого используются различные приемы подготовки блоков. Пока мы рассмотрим подготовку блоков двух типов — текстовых и формульных. Заметим, что вычисления выполняются автоматически, поскольку по умолчанию установлен режим автоматических вычислений.

ПРИМЕЧАНИЕ Подробно интерфейс программы мы будем изучать в главе 2, поэтому, если какие-нибудь детали окажутся вам непонятными, не отчаивайтесь. Здесь нам важно получить общее представление о возможностях системы Mathcad, а к конкретным приемам работы мы будем многократно возвращаться по мере изложения материала.

1.3.2. Работа с текстовым редактором

Тексты в математической системе Mathcad лишь на первый взгляд имеют второстепенное значение. На самом деле профессионально сделанные в Mathcad документы прежде всего должны иметь достаточно подробные текстовые комментарии. Если в данной книге и есть отступления от этого правила, то только потому, что такие комментарии уже имеются в тексте книги и нет смысла повторять их в документах Mathcad.

В простейшем случае для ввода текстового комментария достаточно ввести символ " (одна двойная кавычка — не путайте с двумя одиночными кавычками или двумя апострофами). В появившемся прямоугольнике можно начинать вводить текст (рис. 1.6). В текстовом блоке курсор имеет вид красной вертикальной черты и отмечает место ввода. Текст редактируется общепринятыми средствами — перемещением курсора ввода клавишами управления курсором, установкой режима вставки или замещения символов (клавиша Insert), стиранием (клавиши Del и Backspace), выделением, копированием в буфер обмена, вставкой из буфера и т. д.

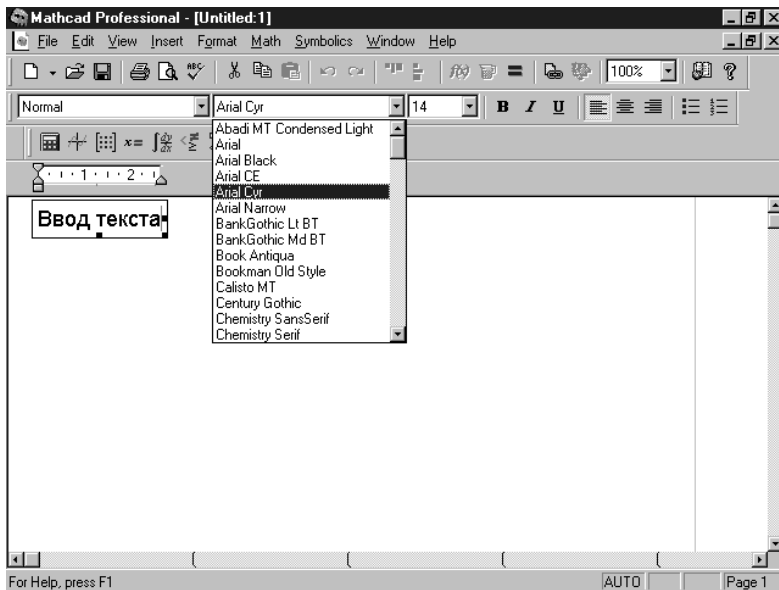


Рис. 1.6. Пример ввода текстового комментария

Удобно осуществлять управление стилем текста с помощью панели форматирования. В текстовом блоке есть также возможность выравнивать текст по левой его границе, правой границе или по центру. А для англоязычных текстов предусмотрен даже орфографический контроль с применением встроенного словаря.

Клавиши перемещения курсора можно использовать с нажатой клавишей Shift, что обеспечивает ускоренное перемещение в текстовом блоке. Например, сочетания клавиш Shift+← и Shift+→ позволяют перемещать курсор ввода не по отдельным символам, а по целым словам.

Пока мы ограничимся простейшими правилами ввода текста.

1. Введите знак двойной кавычки " при английской раскладке клавиатуры — появится прямоугольник с курсором ввода.

2. С помощью раскрывающегося списка выбора шрифта на панели форматирования (см. рис. 1.6) установите нужный шрифт, например кириллический при вводе русскоязычного текста.
3. Начните посимвольно набирать текст, используя типовые средства текстового редактора (клавиши Пробел, Del, Backspace и т. д.).
4. Нажимайте клавишу Enter для перехода на новую строку (если этого не делать, переход на новую строку будет осуществляться автоматически).
5. Для завершения ввода текста отведите указатель мыши в сторону от текстового блока и щелкните левой кнопкой мыши.

Текстовый блок в ходе набора текста расширяется (см. рис. 1.6, на котором этот блок виден в окне документа). Блок имеет маркеры изменения размера в виде маленьких черных прямоугольников, уцепившись за которые блок можно растягивать в том или ином направлении. Это иллюстрирует рис. 1.7, на котором показан растянутый блок. Обратите внимание, что размер символов текстового комментария при растяжении (или сжатии) блока не меняется — меняется только размер блока. В блок большего размера можно ввести больше надписей. Как только длина строки текста достигает правой границы текстового блока, происходит перенос вводимого текста на новую строку внутри блока.

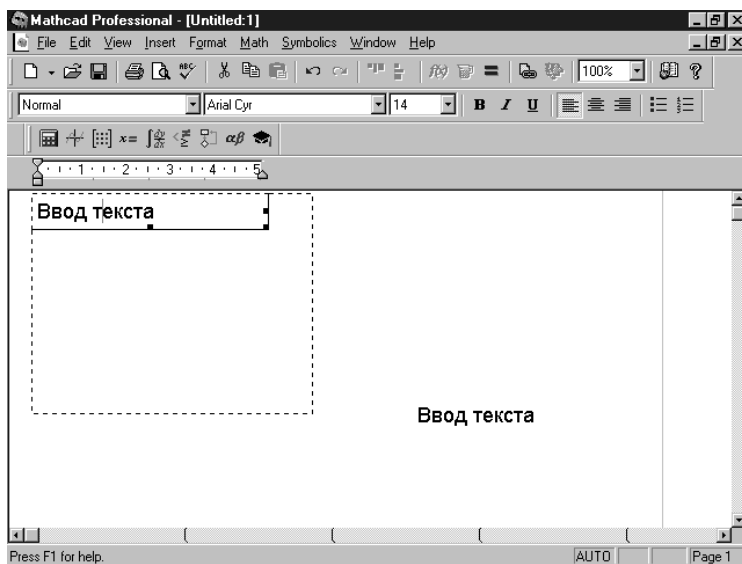


Рис. 1.7. Растяжение текстового блока и его копирование

Выделенные рамкой текстовые блоки можно переносить на другое место, уцепившись за рамку указателем мыши — он при этом превращается в изображение черной ладошки. Если в начале перемещения нажать клавишу Ctrl, то будет выполняться перенос блока с его сохранением на первоначальном месте. Именно так получен показанный на рисунке второй текстовый блок.

Для завершения создания текстового блока достаточно отвести указатель мыши в сторону от блока и щелкнуть левой кнопкой. Можно также нажать одновременно клавиши Ctrl+Shift+Enter.

Для коррекции текста надо подвести указатель мыши к месту коррекции и щелкнуть левой кнопкой мыши. Появится рамка текстового блока, а на месте

Содержание

Введение	3
Глава 1. Первое знакомство с Mathcad	5
1.1. Общие сведения о системе Mathcad	5
1.1.1. История создания и место системы Mathcad	5
1.1.2. Документы и рабочие листы Mathcad	7
1.1.3. Входной язык и язык реализации Mathcad	8
1.1.4. Традиционные средства программирования	9
1.1.5. Средства оптимизации вычислений	9
1.1.6. Средства расширения систем Mathcad	10
1.2. Начало работы с Mathcad	11
1.2.1. Запуск Mathcad	11
1.2.2. Основные возможности систем Mathcad	13
1.3. Основы работы с системой Mathcad	14
1.3.1. К чему сводится работа в среде Mathcad	14
1.3.2. Работа с текстовым редактором	15
1.3.3. Работа с формульным редактором	17
1.3.4. Подготовка и вычисление простых выражений	17
1.3.5. Операции вывода и присваивания	20
1.3.6. Применение шаблонов математических операторов и символов	22
1.3.7. Применение встроенных функций	24
1.3.8. Применение ранжированных переменных и векторов	25
1.3.9. Ввод матриц и векторов	26
1.3.10. Запрет вычисления математических выражений	27
1.3.11. Прерывание вычислений	28
1.4. Введение в графику Mathcad	28
1.4.1. Построение двумерного графика одной функции	28
1.4.2. Изменение размеров и перемещение графика	29
1.4.3. Построение графиков ряда функций	30
1.4.4. Виды графиков	31
1.4.5. Построение графиков поверхностей	31
1.4.6. Вращение трехмерного графика мышью	34
1.4.7. Построение на одном трехмерном графике ряда поверхностей	35
1.4.8. Одновременное построение разных типов трехмерных графиков	36
1.4.9. Трехмерные гистограммы и визуализация матриц	37
1.4.10. Двумерные графики с двумя осями Y в Mathcad 12	37
Глава 2. Интерфейс пользователя	40
2.1. Работа с окном документа	40
2.1.1. Окна документов систем Mathcad 2001i/11/12	40
2.1.2. Курсор ввода и линия раздела страниц	42
2.1.3. Строка заголовка	42
2.1.4. Строка и состав меню	43

2.1.5. Строка состояния	44
2.1.6. Полосы прокрутки	44
2.1.7. Всплывающие подсказки	44
2.1.8. Контекстное меню правой клавиши мыши	45
2.1.9. Представление операции умножения	45
2.2. Работа с панелью инструментов	45
2.2.1. Обзор панели инструментов	45
2.2.2. Файловые операции с панели инструментов	46
2.2.3. Печать и просмотр документов	48
2.2.4. Операции редактирования в панели инструментов	48
2.2.5. Управление размещением блоков	49
2.2.6. Операции с выражениями	49
2.2.7. Доступ к дополнительным возможностям Mathcad	50
2.2.8. Вставка переменной-таблицы в Mathcad 11/12	50
2.2.9. Управление ресурсами Mathcad 8 — Mathcad 2001i	50
2.3. Работа с панелью форматирования	51
2.3.1. Обзор средств панели форматирования	51
2.3.2. Кнопки переключения стилей документов	51
2.3.3. Выбор шрифтов для документа	51
2.3.4. Выравнивание текста	51
2.3.5. Создание маркированных и нумерованных списков	51
2.3.6. Кнопки задания индексов Mathcad 11/12	52
2.4. Применение палитр математических знаков	52
2.4.1. Вывод панели палитр математических знаков	52
2.4.2. Применение палитр математических знаков	52
2.5. Управление видом интерфейса	54
2.5.1. Обзор позиции View меню системы Mathcad 2001i	54
2.5.2. Обзор позиции View меню Mathcad 11/12	54
2.5.3. Отображение и скрытие элементов интерфейса	55
2.5.4. Обновление экрана	55
2.5.5. Задание предпочтений в Mathcad 2001i	56
2.5.6. Задание предпочтений в Mathcad 11/12	57
2.6. Управление окнами	58
2.6.1. Обзор позиции Window меню	58
2.6.2. Каскадное расположение окон	59
2.6.3. Расположение окон по горизонтали	59
2.6.4. Расположение окон по вертикали	60
2.6.5. Системное меню окна	61
2.7. Работа с Центром информационных ресурсов и справкой	63
2.7.1. Центр информационных ресурсов Mathcad 2001i	63
2.7.2. Центр информационных ресурсов Mathcad 11/12	64
2.7.3. Организация справочной системы Mathcad	64
2.7.4. Меню справки Mathcad 2001i	65
2.7.5. Работа со справкой Mathcad 2001i	66
2.7.6. Работа с электронными учебниками	69
2.7.7. «Быстрые шпаргалки» и справочные таблицы	69

2.7.8. Работа с электронными книгами и расширениями Mathcad	72
2.7.9. Работа с информационными ресурсами Mathcad 11/12.....	75
2.7.10. Оперативная справка по объектам документов	77
2.8. Некоторые особенности интерфейса Mathcad 12.....	77
2.8.1. Окно записи файлов в новых форматах	77
2.8.2. Окно свойств файлов	77
2.8.3. Отправка документов по электронной почте.....	78
2.8.4. Настройка состава кнопок панелей инструментов.....	79
2.8.5. Выбор инструментов контроля.....	80
Глава 3. Подготовка документов	81
3.1. Операции с файлами документов	81
3.1.1. Типы файлов в Mathcad.....	81
3.1.2. Меню файловых операций File	82
3.1.3. Создание нового документа.....	82
3.1.4. Открытие существующего документа	84
3.1.5. Запись документа на диск без переименования	85
3.1.6. Запись документа на диск с переименованием	86
3.1.7. Заккрытие документа	86
3.1.8. Отправка документа по электронной почте.....	87
3.1.9. Выход из системы.....	87
3.2. Печать и просмотр документов.....	87
3.2.1. Установка параметров страницы.....	87
3.2.2. Выбор принтера	88
3.2.3. Предварительный просмотр.....	89
3.2.4. Печать документов	89
3.2.5. Выделение и показ всех блоков	90
3.2.6. Изменение масштаба документа	91
3.3. Ввод с помощью клавиатуры.....	92
3.3.1. Формы курсора ввода.....	92
3.3.2. Выделение объектов с помощью клавиш	93
3.3.3. Применение управляющих клавиш	93
3.3.4. Применение клавиш редактирования.....	95
3.3.5. Клавишное управления документами и окнами.....	95
3.3.6. Клавиши для создания объектов.....	95
3.4. Редактирование.....	96
3.4.1. Применение команд позиции Edit меню	96
3.4.2. Основные приемы редактирования	97
3.4.3. Отмена и повторение операций редактирования	98
3.4.4. Выделение объектов и перенос их в буфер обмена.....	98
3.4.5. Выделение всех объектов	100
3.4.6. Копирование объекта в буфер обмена.....	100
3.4.7. Вставка объекта из буфера обмена.....	101
3.4.8. Специальная вставка	101
3.4.9. Удаление выделенных объектов	103
3.4.10. Поиск подстроки.....	103
3.4.11. Замена подстроки.....	104

3.4.12. Переход к заданной странице документа	106
3.4.13. Проверка орфографии	106
3.4.14. Редактирование связей	107
3.4.15. Редактирование внедренных объектов	107
3.5. Вставка в документ объектов	108
3.5.1. Подменю вставки Insert	108
3.5.2. Вставка шаблона матриц и векторов	109
3.5.3. Вставка функций	110
3.5.4. Вставка единиц измерения размерных величин	110
3.5.5. Вставка шаблона импортируемого рисунка	111
3.5.6. Вставка текстового комментария	112
3.5.7. Вставка математических выражений в текстовый комментарий	113
3.5.8. Вставка линии разрыва страницы	113
3.5.9. Вставка гипертекстовой ссылки	113
3.5.10. Вставка гипермедиассылки	116
3.5.11. Вставка объектов	117
3.6. Особенности вставок в системе Mathcad 11/12	119
3.6.1. Позиция Insert меню Mathcad 11/12	119
3.6.2. Примеры вставки элементов контроля	119
3.7. Управление вычислениями в документах	119
3.7.1. Позиция Math меню Mathcad 2001i	119
3.7.2. Ручные вычисления	120
3.7.3. Автоматические вычисления	121
3.7.4. Оптимизация вычислений	121
3.7.5. Запрет вычисления выражений	123
3.8. Установка опций вычислений	123
3.8.1. Обзор опций вычислений	123
3.8.2. Установка значений системных переменных	124
3.8.3. Опции вычислений	125
3.8.4. Опции отображения результатов вычислений	125
3.8.5. Выбор системы единиц	126
3.8.6. Форматирование размерных единиц	126
3.9. Ошибки в документах и отладка вычислений	127
3.9.1. Виды ошибок в документах Mathcad	127
3.9.2. Индикация ошибок	127
3.9.3. Трассировка ошибок	128
3.10. Работа с командами позиции Tools меню Mathcad 11/12	130
3.10.1. Обзор команд позиции Tools меню Mathcad 11/12	130
3.10.2. Защита документов Mathcad 11/12	130
3.10.3. Опции вычислений в документах Mathcad 11/12	131
Глава 4. Графика	132
4.1. Виды графиков	132
4.2. Двумерный график	133
4.2.1. Вставка шаблона двумерного графика	133
4.2.2. Особенности построения графиков функции одной переменной	133

4.2.3. Простейшие приемы форматирования двумерных графиков.....	135
4.2.4. Графики с параметрическим заданием функций.....	136
4.2.5. Построение графиков ряда функций на одном рисунке	136
4.2.6. Полулогарифмические и логарифмические графики	137
4.2.7. Построение графиков в полярной системе координат	138
4.3. Трехмерный график поверхности.....	139
4.3.1. Построение поверхностей по матрице аппликат их точек	140
4.3.2. Построение параметрически заданных поверхностей	142
4.3.3. Построение трехмерных фигур с вырезом	142
4.3.4. Построение трехмерных графиков без задания матрицы	143
4.3.5. Построение графика поверхности, заданной в векторной параметрической форме	144
4.3.6. Применение новой функции CreateMesh	145
4.3.7. Построение объемной фигуры, образованной вращением кривой.....	146
4.3.8. Построение полиэдров	146
4.3.9. Построение на одном графике нескольких трехмерных объектов.....	149
4.4. Контурный трехмерный график	151
4.4.1. Стандартный способ построения контурных графиков	151
4.4.2. Построение контурных графиков без явного задания матрицы	151
4.5. Точечный трехмерный график	152
4.5.1. Определение точечного графика	152
4.5.2. Построение точечного графика с заданием матрицы аппликат точек	152
4.5.3. Построение точечного графика с заданием только функции поверхности	153
4.5.4. Применение функции CreateSpace	154
4.6. Трехмерная гистограмма	155
4.6.1. Обычное построение гистограмм	155
4.6.2. Построение трехмерных гистограмм с заданием только функции поверхности	155
4.7. Трехмерный график в векторном представлении	156
4.7.1. Обычное построение графиков векторного поля	157
4.7.2. Построение графика векторного поля, заданного в параметрической форме	157
4.8. Специальные приемы построения трехмерных графиков	158
4.8.1. Построение трехмерных графиков мастером	158
4.8.2. Трехмерный «лоскутный» график	160
4.8.3. Два пересекающихся в пространстве тора.....	161
4.8.4. Представление функций двух переменных графиками векторного поля.....	161
4.9. Техника анимации (оживления) графиков.....	162
4.9.1. Принципы анимации графиков	162
4.9.2. Подготовка к анимации	163
4.9.3. Создание кадров изображения	164
4.9.4. Воспроизведение анимированного рисунка.....	165
4.9.5. Вызов проигрывателя	166
Глава 5. Форматирование объектов.....	169

5.1. Понятие о форматировании объектов документов.....	169
5.1.1. Для чего нужно форматирование	169
5.1.2. Позиция Format меню.....	169
5.1.3. Форматирование математических выражений	170
5.2. Форматирование результатов вычислений	171
5.2.1. Установки формата действительных чисел	171
5.2.2. Представление комплексных чисел	172
5.2.3. Представление размерных величин.....	172
5.2.4. Представление результатов численных расчетов	174
5.2.5. Представление массивов	174
5.3. Форматирование текста.....	175
5.3.1. Изменение параметров шрифта	175
5.3.2. Форматирование абзацев	176
5.3.3. Установка позиций табуляции.....	177
5.3.4. Задание стиля текстовых комментариев.....	178
5.3.5. Надписи на переднем и заднем плане	179
5.4. Установка свойств объектов	179
5.4.1. Установка свойств математического выражения	179
5.4.2. Установка свойств оптимизации	181
5.5. Форматирование двумерных графиков.....	181
5.5.1. Форматирование графиков в прямоугольной системе координат	181
5.5.2. Форматирование осей.....	182
5.5.3. Форматирование линий графиков	183
5.5.4. Форматирование надписей на графиках.....	185
5.5.5. Задание параметров по умолчанию.....	186
5.5.6. Примеры форматирования двумерных графиков	186
5.5.7. Трассировка графиков.....	186
5.5.8. Просмотр участков двумерных графиков	188
5.6. Форматирование графиков в полярной системе координат.....	189
5.6.1. Установка форматов графиков в полярной системе координат.....	189
5.6.2. Трассировка графика в полярной системе координат	190
5.6.3. Просмотр участков двумерных графиков в полярной системе координат.....	191
5.7. Форматирование трехмерных графиков	192
5.7.1. Окно установки форматов трехмерных графиков	192
5.7.2. Общие параметры трехмерных графиков	193
5.7.3. Параметры отображения осей трехмерных графиков	194
5.7.4. Параметры внешнего вида трехмерных графиков	195
5.7.5. Параметры надписей трехмерных графиков	196
5.7.6. Параметры освещения трехмерных графиков.....	196
5.7.7. Параметры форматирования граней	197
5.7.8. Специальные эффекты трехмерных графиков.....	198
5.7.9. Дополнительные параметры трехмерных графиков	199
5.7.10. Параметры быстрого построения графиков	200
5.8. Форматирование электронных документов.....	201

5.8.1. Форматирование цветов	203
5.8.2. Разделение областей документов.....	203
5.8.3. Выравнивание областей	204
5.8.4. Блокировка области.....	205
5.8.5. Открытие заблокированной области.....	207
5.8.6. Скрытие области.....	207
5.8.7. Открытие скрытой области.....	208
5.8.8. Создание колонтитулов.....	209
5.8.9. Замена латинских букв на греческие	210
5.9. Форматирование изображений и рисунков.....	211
5.9.1. Подготовка к форматированию рисунков	211
5.9.2. Повороты рисунков	212
5.9.3. Масштабирование рисунков и операции с буфером	212
5.9.4. Управление передаточной характеристикой по яркости.....	212
5.9.5. Управление перемещением и выделением фрагментов изображения.....	213
5.9.6. Определение координат пиксела.....	213
5.9.7. Использование для форматирования рисунков контекстного меню	214
Глава 6. Обычные вычисления и математический анализ.....	217
6.1. Входной язык системы Mathcad.....	217
6.1.1. Алфавит входного языка системы Mathcad.....	217
6.1.2. Применение чисел и констант	217
6.1.3. Новая константа NaN в Mathcad 12	218
6.1.4. Переменные.....	219
6.1.5. Операторы и операнды.....	219
6.1.6. Встроенные функции	220
6.1.7. Математические выражения и приоритет операций	220
6.2. Применение переменных.....	221
6.2.1. Присваивание переменным значений	221
6.2.2. Локальное и глобальное присваивание.....	221
6.2.3. Применение размерных переменных.....	222
6.2.4. Задание ранжированных переменных.....	223
6.2.5. Применение ранжированных переменных.....	224
6.2.6. Применение таблиц вывода	225
6.3. Работа с файловыми данными	226
6.3.1. Файлы как данные.....	226
6.3.2. Применение функций для работы с файлами	226
6.3.3. Новые функции для работы с бинарными файлами в Mathcad 11/12.....	228
6.4. Вычисление математических выражений	229
6.4.1. Операторы и операнды.....	229
6.4.2. Арифметические операторы.....	229
6.4.3. Применение операторов отношения.....	230
6.4.4. Применение логических операторов.....	231
6.5. Решение типовых задач математического анализа	231
6.5.1. Простые примеры на применение операторов математического анализа.....	231

6.5.2. Вычисление сумм.....	233
6.5.3. Вычисление произведений.....	234
6.5.4. Вычисление пределов.....	234
6.5.5. Определение производной и полного дифференциала.....	235
6.5.6. Вычисление и визуализация производных.....	237
6.5.7. Определение интегралов.....	238
6.5.8. Вычисление однократных интегралов.....	239
6.5.9. Вычисление кратных интегралов.....	241
6.5.10. «Подводные камни» интегрирования.....	241
6.5.11. Задание и графическое представление градиента функции.....	244
6.6. Вычисление элементарных функций.....	245
6.6.1. Вычисление типовых элементарных функций.....	245
6.6.2. Функции комплексного аргумента.....	246
6.6.3. Функции комбинаторики и теории чисел.....	246
6.7. Вычисление специальных математических и иных функций.....	248
6.7.1. Вычисление функций Бесселя.....	248
6.7.2. Вычисление гамма-функции.....	249
6.7.3. Дополнительные специальные функции.....	249
6.7.4. Альтернативные функции с новой нормировкой в Mathcad 11/12.....	250
6.7.5. Дополнительные неактивные функции.....	250
6.7.6. Задание функций пользователя.....	251
6.7.7. Числовые функции с условиями сравнения.....	253
6.7.8. Функция условных выражений.....	253
6.7.9. Рекурсивные функции.....	254
6.7.10. Функции контроля типа переменных.....	255
6.7.11. Функции обработки строк.....	255
6.7.12. Вычисление различных специальных математических функций.....	257
6.8. Решение задач линейной алгебры.....	258
6.8.1. Массивы, векторы и матрицы.....	258
6.8.2. Использование индексированных переменных.....	259
6.8.3. Ввод элементов векторов и матриц.....	260
6.8.4. Задание векторов и матриц.....	260
6.8.5. Векторные и матричные операции.....	261
6.8.6. Операция векторизации.....	262
6.8.7. Векторные и матричные функции.....	263
6.8.8. Функции, возвращающие специальные характеристики матриц.....	264
6.8.9. Примеры применения векторных и матричных операторов и функций.....	264
6.8.10. Дополнительные матричные функции.....	265
6.8.11. Функции сортировки для векторов и матриц.....	267
6.8.12. Примеры применения дополнительных векторных и матричных функций.....	268
6.8.13. Решение систем линейных уравнений.....	268
Глава 7. Численные методы.....	270
7.1. Решение нелинейных и алгебраических уравнений.....	270
7.1.1. Решение нелинейных уравнений вида $F(x) = 0$	270
7.1.2. Вычисление корней степенного многочлена.....	271

7.1.3. Функция goot в составе функции пользователя	271
7.1.4. Решение систем нелинейных уравнений с блоком Given.....	272
7.1.5. Примеры решения нелинейных уравнений	273
7.2. Реализация итерационных вычислений.....	275
7.2.1. Рекуррентное вычисление чисел Фибоначчи.....	275
7.2.2. Функция until и ее применение.....	276
7.2.3. Пример решения системы рекуррентных уравнений	277
7.3. Решение задач оптимизации.....	277
7.3.1. Поиск минимума функции Розенброка с помощью функции Minerr.....	278
7.3.2. Поиск экстремумов функции Розенброка с помощью функций Maximize и Minimize	278
7.3.3. Решение задач линейного программирования.....	281
7.4. Интегральные преобразования Фурье	282
7.4.1. Спектральный анализ и синтез на основе рядов Фурье	282
7.4.2. Быстрые прямое и обратное преобразования Фурье.....	283
7.4.3. Примеры преобразований Фурье	284
7.4.4. Альтернативные преобразования Фурье	288
7.4.5. Двумерное преобразование Фурье	288
7.5. Дискретные волновые (вейвлет) преобразования.....	288
7.5.1. Вейвлеты как новый базис представления сигналов.....	288
7.5.2. Особенности вейвлетов	291
7.5.3. Вейвлеты типа «мексиканская шляпа»	292
7.5.4. Прямое и обратное непрерывные вейвлет-преобразования	294
7.5.5. Примеры непрерывных вейвлет-преобразований и построение их спектрограмм	294
7.5.6. Встроенные в Mathcad функции вейвлет-преобразований.....	297
7.5.7. Простые примеры дискретных вейвлет-преобразований.....	297
7.6. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений.....	300
7.6.1. Представление дифференциальных уравнений.....	300
7.6.2. Решение систем обыкновенных дифференциальных уравнений	301
7.6.3. Решение дифференциальных уравнений с помощью функции odesolve.....	303
7.6.4. Решения жестких систем дифференциальных уравнений	303
7.6.5. Новая функция Radau в Mathcad 2001i/11/12.....	306
7.6.6. Решение двухточечных краевых задач	307
7.6.7. Решение дифференциальных уравнений Пуассона и Лапласа	309
7.6.8. Новые функции Mathcad 11/12 для решения ОДУ в частных производных	310
7.6.9. Анализ колебаний струны в одномерном случае.....	310
7.6.10. Анализ колебаний поверхности.....	310
7.6.11. Анимация колебания поверхности.....	312
7.6.12. Решение дифференциальных уравнений с комплексными параметрами	313
7.7. Реализация некоторых специальных численных методов	314
7.7.1. Вычисление ортогональных полиномов по рекуррентным формулам	314
7.7.2. Численное дифференцирование.....	316

7.7.3. Численное вычисление трех производных аналитической функции.....	317
7.7.4. Численное дифференцирование зашумленной функции.....	319
7.7.5. Интегрирование таблично заданных функций	320
7.7.6. Вычисление площади под таблично заданной кривой.....	321
7.7.7. Быстрое вычисление интегралов по формулам Уэддля и Ньютона—Котесса	321
7.7.8. Интерполяция по частным формулам Лагранжа	323
7.7.9. Поиск глобального максимума многоэкстремальной функции	323
7.7.10. Поиск локальных экстремумов в массиве	325
7.7.11. Анализ сложной функции	325
7.7.12. Расчет и построение асимптот функции $f(x)$	327
7.8. Численное решение ОДУ по классическим формулам	327
7.8.1. Решение ДУ модифицированным методом Эйлера	328
7.8.2. Решение ОДУ первого порядка методом Рунге—Кутта	330
7.8.3. Решение ДУ вида $y''=F(x,y,z)$ методом Рунге—Кутта	331
7.8.4. Решение ДУ вида $y''(t) + Ay'(t) + By(t) = C(t)$	331
7.8.5. Решение системы из двух ДУ методом Рунге—Куты	333
7.8.6. Решение дифференциального уравнения $dy/dx = f(x,y)$ методом Рунге—Кутта—Фельберга	334
7.9. О реализации в Mathcad вариационных методов	336
7.9.1. Особенности решения задач механики вариационными методами	336
7.9.2. Решение задачи на прогиб струны.....	336
7.9.3. Решение задачи на прогиб струны в среде Mathcad	337
Глава 8. Обработка данных, статистика и финансовые расчеты.....	339
8.1. Интерполяция, экстраполяция и аппроксимация	339
8.1.1. Одномерная линейная интерполяция и экстраполяция	339
8.1.2. Одномерная сплайновая интерполяция и экстраполяция	339
8.1.3. Примеры линейной и сплайновой интерполяции.....	340
8.1.4. Одномерная В-сплайновая интерполяция и экстраполяция	341
8.1.5. Двумерная линейная и сплайновая интерполяция.....	341
8.2. Аппроксимация функций и данных.....	343
8.2.1. Приближение функций рядом Тейлора.....	343
8.2.2. Интерполяция и экстраполяция функций по Лагранжу.....	345
8.2.3. Полиномиальная аппроксимация	345
8.3. Статистическая обработка данных	346
8.3.1. Эксперименты, события и другие понятия статистики	346
8.3.2. Решение задач комбинаторики.....	348
8.3.3. Дискретные и непрерывные случайные величины.....	349
8.3.4. Законы распределения и статистические функции Mathcad	350
8.3.5. Функции вычисления плотности распределения вероятности.....	353
8.3.6. Функции распределения	354
8.3.7. Квантили распределения.....	354
8.3.8. Функции создания случайных чисел с различными законами распределения.....	355
8.3.9. Новые функции корреляции в Mathcad 12	356
8.4. Регрессия	357

8.4.1. Линейная регрессия	357
8.4.2. Реализация линейной регрессии общего вида	358
8.4.3. Реализация одномерной полиномиальной регрессии	359
8.4.4. Проведение многомерной регрессии	361
8.4.5. Проведение нелинейной регрессии общего вида	361
8.4.6. Новые функции для проведения регрессии в Mathcad 2000/2001	362
8.4.7. Пример выполнения экспоненциальной регрессии	363
8.4.8. Пример выполнения синусоидальной регрессии	363
8.5. Сглаживание данных	363
8.5.1. Функции сглаживания данных	363
8.5.2. Линейное сглаживание по пяти точкам	365
8.5.3. Нелинейное сглаживание по семи точкам	365
8.5.4. Вейвлет- и вейвлет-медианное сглаживание	367
8.5.5. Комбинированное сглаживание вейвлетами и фильтром «скользящее среднее»	368
8.5.6. Вейвлет-сплайновое сглаживание	368
8.6. Предсказание зависимостей	370
8.6.1. Предсказание методом Бурга «чистых» зависимостей	370
8.6.2. Предсказание зашумленных зависимостей	371
8.7. Аппроксимация, сглаживание и экстраполяция рядами Фурье	372
8.7.1. Приближение данных рядом Фурье	372
8.7.2. Улучшение сходимости приближения рядом Фурье	373
8.7.3. Эффективное приближение данных рядом Фурье	374
8.8. Финансово-экономические расчеты	375
8.8.1. Функции финансово-экономических расчетов	375
8.8.2. Примеры финансово-экономических расчетов	376
Глава 9. Символьные вычисления	379
9.1. Роль и средства символьных (аналитических) вычислений	379
9.1.1. Роль и значение символьных вычислений	379
9.1.2. Возможности символьного процессора	379
9.2. Символьные вычисления в командном режиме	380
9.2.1. Обзор меню символьных операций Symbolics	380
9.2.2. Символьные операции с выделенными выражениями	382
9.2.3. Символьные операции с выделенными переменными	382
9.2.4. Символьные операции с выделенными матрицами	382
9.2.5. Символьные операции интегральных преобразований	383
9.2.6. Выделение объектов символьных операций	383
9.2.7. Команды подменю Evaluate	384
9.2.8. Команды упрощения Symbolically	384
9.2.9. Команда вычислений с плавающей точкой Floating Point	385
9.2.10. Команда задания комплексных вычислений Complex	385
9.3. Техника и практика символьных вычислений	386
9.3.1. Упрощение математических выражений — команда Simplify	386
9.3.2. Символьное вычисление производных	387
9.3.3. Символьное вычисление интегралов	388

9.3.4. Символьное вычисление сумм и произведений	389
9.3.5. Замечания по поводу упрощения выражений	390
9.3.6. Расширение выражений — команда Expand	391
9.3.7. Разложение выражений на простые множители — команда Factor.....	391
9.3.8. Разложение по подвыражениям — команда Collect	393
9.3.9. Вычисление коэффициентов полиномов — команда Polynomial Coefficients.....	393
9.4. Операции относительно переменной.....	394
9.4.1. Символьное дифференцирование выражений — команда Differentiate ...	394
9.4.2. Символьное интегрирование — команда Integrate	395
9.4.3. Символьное решение уравнений — команда Solve	396
9.4.4. Осуществление подстановок — команда Suvstitute.....	397
9.4.5. Разложение выражений в ряд Тейлора — команда Expand to Series	398
9.4.6. Разложение на правильные дроби — команда Convert to Partial Fraction	400
9.4.7. Матричные операции	400
9.4.8. Интегральные преобразования	401
9.5. Настройка символьных операций	403
9.5.1. Задание стиля символьных операций — команда Evaluation Style.....	403
9.5.2. Интерпретация результатов символьных операций.....	404
9.6. Символьные операции с оператором символьного вывода	405
9.6.1. Оператор символьного вывода \rightarrow	405
9.6.2. Директивы символьного оператора.....	406
9.6.3. Решение систем линейных уравнений в символьном виде	407
9.6.4. Решение систем нелинейных уравнений и неравенств в символьном виде	408
9.6.5. Символьное решение систем уравнений, заданных в векторном виде ...	409
9.6.6. Типовые символьные операции	409
9.6.7. Символьное интегрирование	412
9.6.8. Символьное вычисление пределов функций.....	413
9.6.9. Символьное дифференцирование	414
9.6.10. Символьные преобразования Фурье, Лапласа и Z-преобразование	415
9.7. Символьное решение дифференциальных уравнений.....	416
9.7.1. Средства символьного решения дифференциальных уравнений	416
9.7.2. Применение преобразования Лапласа для решения ДУ.....	416
9.7.3. Решение задачи Коши для линейного неоднородного ДУ	417
9.7.4. Общее решение неоднородного ДУ первого порядка	417
9.7.5. Нахождение всех решений ДУ первого порядка	418
9.7.6. Решение задачи Коши для ДУ в полных дифференциалах	418
9.7.7. Нахождение частного решения ДУ третьего порядка	420
9.7.8. Фундаментальная система уравнений и общее решение неоднородного ДУ четвертого порядка.....	420
Глава 10. Программирование и интеграция.....	422
10.1. Создание простейших программных конструкций	422
10.1.1. Задание операторов пользователя	422
10.1.2. Задание и применение функций пользователя	423
10.2. Модульное программирование	424

10.2.1. Задание программных модулей.....	424
10.2.2. Инструкция добавления линий в модуль Add Line	425
10.2.3. Оператор внутреннего присваивания.....	425
10.2.4. Условная инструкция if.....	425
10.2.5. Инструкция организации цикла for	425
10.2.6. Инструкция организации цикла while	426
10.2.7. Инструкция otherwise.....	426
10.2.8. Инструкция прерывания break	426
10.2.9. Инструкция continue.....	426
10.2.10. Инструкция return	426
10.2.11. Инструкция on error и функция error	426
10.3. Примеры программирования в среде Mathcad	427
10.3.1. Простейшие примеры создания программных модулей	427
10.3.2. Обработка ошибок в программных модулях	428
10.3.3. Модуль построения точек в пространстве	428
10.3.4. Модуль фурье-анализа.....	429
10.3.5. Рекурсивная генерация простых чисел	430
10.3.6. Программа моделирования аттрактора Лоренца.....	430
10.3.7. Построение фрактала «кукуруза»	431
10.3.8. Заключительные замечания по программированию.....	432
10.4. Обзор программных средств, интегрируемых с Mathcad	433
10.4.1. Текстовые процессоры Word.....	433
10.4.2. Электронные таблицы Excel	434
10.4.3. Графическая система Axum.....	434
10.4.4. Матричная математическая система MATLAB	434
10.4.5. Система символьной математики Maple.....	435
10.5. Интеграция Mathcad с другими программными средствами	435
10.5.1. Интеграция Mathcad с текстовым процессором Word	435
10.5.2. Интеграция Mathcad с табличным процессором Excel	439
10.5.3. Вставка в Mathcad объектов класса ActiveX.....	441
10.5.4. Интеграция Mathcad с графическим пакетом Axum	442
10.5.5. Интеграция Mathcad с пакетом Visio	443
10.5.6. Интеграция Mathcad с пакетом SmartSketch LE	444
10.5.7. Интеграция Mathcad с матричной лабораторией MATLAB.....	447
10.5.8. Интеграция Mathcad с пакетом VisSim	448
Глава 11. Математическое моделирование	450
11.1. Основные понятия моделирования.....	450
11.1.1. Назначение и цели моделирования.....	450
11.1.2. Основные виды моделей и их свойства	450
11.1.3. Основные принципы моделирования	451
11.1.4. Технология моделирования.....	452
11.1.5. Основные методы решения задач моделирования.....	452
11.1.6. Контроль правильности модели	454
11.2. Задача моделирования полета камня	455
11.2.1. Постановка задачи моделирования	455
11.2.2. Построение математической модели.....	456

11.2.3. Решение аналитическим методом	456
11.2.4. Реализация математической модели «Бросок камня» в среде Mathcad	457
11.2.5. Уточнение модели «Бросок камня» и ее реализация.....	458
11.3. Моделирование процессов на основе известных формул.....	459
11.3.1. Моделирование изменения параметров атмосферы	459
11.3.2. Моделирование преодоления самолетом звукового барьера	460
11.3.3. Стрельба по летящей утке	461
11.4. Моделирование на основе конечно-разностных методов.....	462
11.4.1. Имитация броуновского движения частиц в плоскости	462
11.4.2. Имитация броуновского движения частиц в пространстве	463
11.4.3. Моделирование диффузии	464
11.4.4. Моделирование торможения автомобиля.....	465
11.4.5. Моделирование падения парашютиста	465
11.4.6. Моделирование эффекта Доплера.....	466
11.4.7. Обтекание крыла самолета воздухом	469
11.5. Моделирование колебательных систем.....	469
11.5.1. Анализ линейной колебательной системы	469
11.5.2. Анализ нелинейной колебательной системы Ван—дер—Поля.....	470
11.5.3. Моделирование системы Дафинга с внешним воздействием.....	471
11.5.4. Хаос и моделирование аттрактора Лоренца	472
11.6. Моделирование фундаментальных физических явлений.....	473
11.6.1. Моделирование математического маятника с анимацией	473
11.6.2. Моделирование рассеивания альфа-частиц.....	476
11.6.3. Разделение изотопов.....	478
11.6.4. Движение частиц в магнитном поле	479
11.6.5. Моделирование дифракции на щели	481
11.6.6. Интерференция света, излучаемого малым отверстием	482
11.7. Моделирование биологических и экономических систем	484
11.7.1. Модель системы «хищник—жертва» Лотки—Вольтерра.....	484
11.7.2. Модель системы «хищник—жертва» с логистической поправкой.....	485
11.7.3. Модель системы «хищник—жертва» Холлинга—Тэннера.....	485
11.7.4. Моделирование замкнутой экономической системы	487
11.8. Моделирование экономических процессов.....	487
11.8.1. Моделирование закона Мура на основе нелинейной регрессии.....	487
11.8.2. Закон Мура и метод предсказания Бурга	493
11.8.3. Оптимальные экономико-математические модели.....	494
11.8.4. Решение задач максимизации объема продукции	495
11.8.5. Решение задач минимизации ресурсов.....	496
11.8.6. Решение транспортной задачи.....	496
11.8.7. Задачи целочисленного программирования с булевыми переменными.....	499
11.9. Сетевые модели в оптимизации управленческих решений	501
11.9.1. Задача поиска кратчайшего пути.....	501
11.9.2. Задача о распределении потоков в сетях	502
Глава 12. Обработка сигналов и расчет электронных устройств.....	506
12.1. Создание, моделирование и представление сигналов	506

12.1.1. Моделирование ступени и прямоугольного импульса	506
12.1.2. Синусоидальный (гармонический) сигнал	507
12.1.3. Квантование и преобразование синусоидального сигнала	507
12.1.4. Модуляция синусоидальных сигналов	508
12.1.5. Создание сигналов комбинациями элементарных функций	509
12.1.6. Выборки сигнала и теорема Котельникова	509
12.1.7. Понятие о случайных сигналах	511
12.2. Основы спектрального метода моделирования сигналов и линейных систем	511
12.2.1. Схема спектрального метода	511
12.2.2. Программа точного вычисления коэффициентов Фурье	512
12.2.3. Спектральный анализ и синтез пилообразного импульса	513
12.2.4. Спектральный анализ и синтез меандра	514
12.2.5. Спектральный анализ и синтез короткого прямоугольного импульса	514
12.2.6. Спектральный анализ и синтез «выпрямленной» синусоиды	515
12.2.7. Спектральный анализ и синтез радиоимпульса	516
12.3. Эффект Гиббса и борьба с ним	517
12.3.1. Математическая природа эффекта Гиббса	517
12.3.2. Подавление эффекта Гиббса с помощью сигма-множителей	519
12.3.3. Подавление эффекта Гиббса с помощью множителей Фейера	519
12.3.4. Улучшенное моделирование сигналов с применением их интерполяции	520
12.4. Специальные приложения спектрального анализа и синтеза сигналов	522
12.4.1. Ограничения и недостатки преобразования Фурье	522
12.4.2. Кратковременное (оконное) преобразование Фурье	524
12.4.3. Фильтрация зашумленных аналоговых сигналов	525
12.4.4. Цифровая фильтрация с помощью БПФ	526
12.4.5. Фильтрация пространственного образа с применением БПФ	528
12.5. Инженерные методы спектрального анализа	529
12.5.1. Спектральный анализ методом Берга	529
12.5.2. Спектральный анализ методом пяти ординат	530
12.5.3. Спектральный анализ методом двенадцати ординат	532
12.6. Вейвлет-обработка сигналов	532
12.6.1. Пример вейвлет-разложения и реконструкции прямоугольного импульса	532
12.6.2. Пример вейвлет-разложения и реконструкции прямоугольного импульса с линейно нарастающей вершиной	535
12.6.3. Вейвлет-разложение и реконструкция радиоимпульса	536
12.6.4. Сравнение вейвлет- и фурье-анализа и синтеза	536
12.7. Обработка рисунков	538
12.7.1. Общие замечания по обработке рисунков	538
12.7.2. Обработка монохромных изображений	538
12.7.3. Обработка цветных изображений	539
12.7.4. Функции для работы с файлами и матрицами рисунков	540
12.7.5. Пример вейвлет-обработки и компрессии изображения	541
12.8. Основы применения операторного метода	543

12.8.1. Вводные замечания к операторному методу	543
12.8.2. Основные характеристики линейных систем	544
12.8.3. Программа построения диаграмм Боде	545
12.8.4. Построение переходной характеристики на основе БПФ	545
12.9. Примеры электро- и радиотехнических расчетов	548
12.9.1. Моделирование поля двух электрических зарядов	548
12.9.2. Расчет АЧХ и ФЧХ импеданса параллельного LCR -контура	549
12.9.3. Построение АЧХ и ФЧХ импеданса последовательного LCR -контура	550
12.9.4. Реакция резонансного контура на синусоидальное воздействие	551
12.9.5. Реакция LCR -контура на прямоугольные импульсы — меандр	552
12.9.6. Расчет микрополосковых линий	554
12.9.7. Расчет основных параметров каскодного усилителя	555
12.9.8. Расчет на постоянном токе двухтранзисторной цепи	558
12.9.9. Расчет универсального активного фильтра	561
12.9.10. Расчет нелинейной диодной цепи	562
12.10. Моделирование нелинейной цепи на туннельном диоде	563
12.10.1. Подготовка к моделированию цепи	563
12.10.2. Моделирование режима почти синусоидальных колебаний	564
12.10.3. Моделирование нелинейного усилителя	566
12.10.4. Моделирование ждущего релаксационного генератора	567
12.10.5. Моделирование триггера с раздельным запуском	567
12.11. О моделировании электронных устройств	568
Справочный раздел	570
Приложение 1. Сравнительные данные версий Mathcad 8 — Mathcad 12	570
Приложение 2. Ввод встроенных операторов	583
Приложение 3. Системные переменные Mathcad	587
Приложение 4. Встроенные функции и ключевые слова	588
Приложение 5. Сообщения о наиболее характерных ошибках	608
Список литературы	613