

Дьяконов В. П.



Maple 9.5/10

в математике, физике и образовании

Техника практических вычислений
Грамотная визуализация результатов

**СОТНИ ПРИМЕРОВ ВЫЧИСЛЕНИЙ
НА КОМПАКТ-ДИСКЕ!**



КОМПАКТ-ДИСК



**Библиотека
Профессионала**

УДК 621.396.218
ББК 32.884.1
Д93

В. П. Дьяконов
Д93 Maple 9.5/10 в математике, физике и образовании — М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2009. — 720 с.: ил. — (Серия «Библиотека профессионала»).

ISBN 5-98003-258-4

Книга является справочником и руководством пользователя по новейшим системам символьной (аналитической) математики — Maple 9.5 и Maple 10. Это признанные мировые лидеры в области аналитических вычислений, прошедшие серьезную сертификацию в этой области. Кратко описан интерфейс систем и подробно их обширные возможности в математике, физике и образовании. Особое внимание уделено технике практических вычислений и визуализации их результатов, а также решению дифференциальных уравнений различного типа. Описаны средства символьных и численных вычислений, графические и программные возможности систем, пакеты их расширения, маплеты и практика применения Maple в математических и физических расчетах. Прилагаемый CD-ROM содержит более 340 файлов с примерами вычислений. Для научно-технических работников, студентов и преподавателей университетов и вузов.

УДК 621.396.218
ББК 32.884.1

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: 123242, Москва, а/я 20.
2. Оформить заказ можно на сайте www.solon-press.ru в разделе «Книга — почтой».

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», считав его с адреса www.solon-press.ru/kat.doc

Интернет-магазин размещен на сайте www.solon-press.ru

По вопросам приобретения обращаться:

ООО «АЛЬЯНС-КНИГА КТК»

Тел: (495) 258-91-94, 258-91-95, www.abook.ru

Сайт издательства СОЛОН-ПРЕСС: www.solon-press.ru.

E-mail: solon-avtor@coba.ru

ISBN 5-98003-258-4

© Макет и обложка «СОЛОН-ПРЕСС», 2009
© В. П. Дьяконов, 2009

Глава 1

Основы работы с Maple 9.5/10

Эта глава является кратким вводным курсом по новейшим системам компьютерной алгебры (СКА) Maple 9.5/10. Поскольку версия Maple 9.5 у нас распространена больше, чем Maple 10, основное описание в этой главе относится к Maple 9.5, а для Maple 10 приводится достаточно полное описание только ее новых и отличительных возможностей. Разумеется, все возможности Maple 9.5 присущи и Maple 10.

1.1. Краткая характеристика систем класса Maple

1.1.2. Назначение и место систем Maple 9.5/10

Системы класса Maple были созданы корпорацией Waterloo Maple, Inc. (Канада) как системы компьютерной алгебры (СКА) с расширенными возможностями в области символьных (аналитических) вычислений. Уже первые версии системы Maple V показали себя лидерами в области символьных вычислений. Ядро и встроенные пакеты расширения этих систем насчитывали до 3000 встроенных функций для выполнения различных вычислений и символьных преобразований. В дальнейшем число функций, правда довольно медленно, увеличивалось от версии к версии и в версиях Maple 9.5/10 уже превышает 3500.

Версия Maple 9.5, появившаяся на рынке летом 2004 г., позиционируется как универсальная система компьютерной математики, рассчитанная на широкого пользователя. Система содержит средства для выполнения быстрых численных расчетов, лежащих в основе математического моделирования различных явлений окружающего нас мира, систем и устройств самого различного назначения. Все это сочетается с новейшими и весьма эффективными средствами визуализации вычислений. В силу этого системы перешли в категорию универсальных систем компьютерной математики (СКМ).

Maple — типичная интегрированная программная система. Она объединяет в себе:

- мощный язык программирования (он же язык для интерактивного общения с системой);
- редактор для подготовки и редактирования документов и программ;
- современный многооконный пользовательский интерфейс с возможностью работы в диалоговом режиме;
- мощную справочную систему со многими тысячами примеров;
- словарь математических понятий и терминов с алфавитной организацией;
- ядро алгоритмов и правил преобразования математических выражений;
- численный и символьный программные процессоры;
- систему диагностики;
- библиотеки встроенных и дополнительных функций;

- пакеты расширения как встроенные, так и сторонних производителей;
- средства поддержки некоторых языков программирования и интеграции с широко распространенными программами.

Ко всем этим средствам имеется полный доступ прямо из окна программы, реализованный *командным режимом* работы. Система Maple прошла долгий путь развития и апробации. Она реализована на больших ЭВМ, рабочих станциях Sun, ПК, работающих с операционной системой Unix, ПК класса IBM PC, Macintosh и др. Все это самым положительным образом повлияло на ее отработку и надежность (в смысле высокой вероятности правильности решений и отсутствия сбоев в работе).

1.1.2. Структура систем Maple 9.5/10

Основой для работы с символьными преобразованиями в Maple является ядро системы. Оно содержит многие сотни базовых функций и алгоритмов символьных преобразований. Ядро системы улучшается от версии к версии.

В новейших версиях Maple 9.5/10 в ядре исправлены многие недостатки, выявленные в ходе обширного и поистине всемирного тестирования предшествующих версий.

Впрочем, новые версии системы Maple имеют и новые ошибки, а порою в них всплывают устраненные в предшествующих реализациях системы ошибки и недочеты. Такова, увы, реальность разработки столь сложных программных продуктов, как Maple 9.5/10. Отдельные факты такого рода в данной книге приводятся, однако основное внимание в ней уделено описанию и развитию возможностей систем Maple 9.5/10, а не поиску в них отдельных погрешностей и недостатков. Как говорят «и на солнце есть пятна».

В Maple имеется также основная библиотека операторов, команд и функций-процедур. Многие встроенные в нее функции, как и функции ядра, могут использоваться без какого-либо объявления, другие нуждаются в объявлении. Кроме того, имеется ряд подключаемых проблемно-ориентированных пакетов (packages), тематика которых охватывает множество разделов классической и современной математики.

Дополнительные функции из пакетов могут применяться после объявления подключения пакета с помощью команды `with(name)`, где `name` — имя применяемого пакета.

Обширные возможности СКМ, включая СКА, в решении математических задач придают им функции не только суперкалькуляторов, но и мощных электронных справочников по математике и математическим расчетам. Они способны заменить многие обычные справочники, например огромный фолиант [38]. Так, электронные справочники, имеющиеся в составе Maple 9.5/10, обладают рядом очевидных достоинств:

- они вмещают в себя объемы информации эквивалентные порой десяткам книг;
- аккумулируют знания, полученные за многие тысячелетия развития математики;
- имеют безупречное оформление документов (цветные тексты и иллюстрации, всевозможные выделения, качественные иллюстрации и т. д.);
- имеют разную организацию оглавления (индексную, по контексту и т. д.);
- отличаются очень быстрым поиском нужной информации по ряду критериев;

- имеют «живые» примеры, которые можно изменять в ходе просмотра справочных данных;
- справочные материалы могут сопровождаться звуковыми и видео- комментариями;
- позволяют готовить высококачественные и наглядные уроки не только по любым разделам математики, но и по многим дисциплинам, базирующимся на применении математического аппарата их описания;
- позволяют быстро размножить интересующие пользователя материалы;
- обладают возможностью коррекции и пополнения из сети Internet.

В Maple 9.5/10 включен обширный пакет расширения для студентов Student, большой набор наглядных инструментов по высшей математике, реализованный в окнах графического интерфейса пользователя (GUI) и встроенный обширный справочник по математическим понятиям, содержащий более 5000 разделов и более 300 диаграмм. Резко увеличено число комплексных примеров применения и Maplelets-приложений (приложений на основе графического интерфейса пользователя). Это делает Maple перспективной системой для решения учебных задач.

Современные СКМ, включая Maple, позволяют готовить и распечатывать документы высочайшего полиграфического качества, затрачивая на это куда меньше времени, чем популярные у математиков редакторы класса TeX или LaTeX. Впрочем, системы Maple и Mathematica прекрасно сожительствуют с этими редакторами и позволяют представлять данные в характерном для них формате.

Центральное место в структуре Maple занимает *ядро* системы, которое состоит из множества *заранее откомпилированных* функций и процедур, представленных в машинных кодах и обеспечивающих достаточно представительный набор встроенных функций и операторов системы. Спецификой СКА является наличие в ядре множества правил преобразований математических выражений и функций и их определений в символьном виде.

Ядро СКМ тщательно оптимизируется, поскольку от этого зависит скорость вычислений, обеспечиваемых той или иной системой компьютерной математики. Этому способствует и компиляция ядра. Доступ в ядро пользователя для его модификации, как правило, исключен. Объем ядра достигает нескольких мегабайт. Пишется ядро на языке реализации системы — в Maple это язык С.

Поставка ядра в исходных кодах (на языке реализации) не практикуется. Нередко улучшенные алгоритмы вычислений ядра являются ноу-хау разработков и относятся к разряду секретных данных. Пожалуй, это один из главных недостатков СКМ.

Интерфейс это совокупность аппаратных и программных средства для работы ПК с внешним оборудованием и пользователем. Интерфейс пользователя СКА в настоящее время почти исключительно является графическим и сокращенно именуется GUI (Graphics User Interface). Она наследует принципы построения интерфейса в операционных системах класса Windows.

Функции и процедуры (в понятии языков программирования), включенные в откомпилированное ядро, выполняются предельно быстро. С этой точки зрения в ядро было бы выгодно включать как можно больше вычислительных средств. Однако это невольно приводит к замедлению поиска нужных средств из-за возрастания их числа, увеличению времен загрузки ядра и поиска нужных его средств и к другим нежелательным последствиям. Поэтому объем ядра ограничивают, но к нему добавляют *библиотеки* более редких процедур и функций, к которым обращается пользователь, если в ядре не обнаружена нужная процедура или функция.

Кардинальное расширение возможностей систем и их адаптация к решаемым конкретными пользователями задачам достигается за счет *пакетов расширения* систем (packages). Эти пакеты, как правило, пишутся на собственном языке программирования той или иной системы, что делает возможным их подготовку как разработчиками СКМ, так и обычными пользователями.

Справочная система (или просто *справка*) обеспечивает получение оперативных справок по любым вопросам работы с системами компьютерной математики с примерами такой работы. Она содержит и многочисленный справочный материал — математические и физические константы и таблицы, формулы для нахождения производных и интегралов, алгебраические преобразования и т. д. Доступ к информации в справке гипертекстовый.

Ядро, библиотеки, пакеты расширения и справка в Maple аккумулируют знания в области математики, накопленные за тысячелетия ее развития. К сожалению, справка, самоучители и словарь семантических терминов в Maple 9.5/10 написаны на английском языке, что затрудняет их использование нашими пользователями.

1.1.3. Язык программирования систем класса Maple

Система Maple, интегрирует в себе три языка:

- входной или язык общения с системой;
- реализации;
- программирования.

Входной язык является интерпретирующим языком сверхвысокого уровня, ориентированным на решение математических задач практически любой сложности в интерактивном (диалоговом) режиме. Он служит для задания системе вопросов или, говоря иначе, задания входных данных для последующей их обработки. Язык имеет большое число заранее определенных математических и графических функций, а также обширную библиотеку дополнительных функций, подключаемую по мере необходимости.

В состав СКА входит также язык программирования. Так, Maple имеет свой язык процедурного программирования — Maple-язык [51, 52]. Этот язык содержит вполне традиционные средства структурирования программ. Он описан в Главе 10 и включает в себя все команды и функции входного языка в том числе графические.

В новые реализации Maple 9.5/10 добавлены маплет-средства (Maplets) для создания визуально-ориентированного диалога с системой, включающие в себя задание множества диалоговых окон и иных типовых средств интерфейса GUI, привычного пользователям Windows-приложений. Однако даже обычные средства диалога у систем класса Maple обеспечивают высокую наглядность и комфортность работы с системой при решении математических задач.

Языком реализации системы Maple является один из самых лучших и мощных универсальных языков программирования — С. На нем написано ядро системы, содержащее тщательно оптимизированные процедуры. Большинство же функций, которые содержатся в библиотеках расширения системы Maple, написаны на Maple-языке, благодаря чему их можно модифицировать и даже писать свои собственные библиотеки. По разным оценкам, лишь от 5 до 10 % средств Maple создано на языке реализации — все остальное написано на Maple-языке.

Для подготовки программ на языке Maple могут использоваться внешние редакторы, но система имеет и свой встроенный редактор, вполне удовлетворяющий

требованиям большинства пользователей. Он открывается командами New и Open в меню File. Этот редактор можно использовать для редактирования файлов программ или математических выражений. Версии Maple для MS-DOS имеют свой редактор программ и отладчик с функциями проверки синтаксиса. После версии Maple V для Windows необходимость в этих средствах практически отпала.

Maple-язык программирования считается одним из самых лучших и мощных языков программирования математических задач. Это, наряду с упомянутыми новыми средствами пакета Maple, позволяющие создавать высококачественные электронные уроки, статьи и даже целые книги.

1.1.4. Новые возможности Maple 9.5

Версия Maple 9.5, по сравнению с предшествующими версиями этой системы, отличается рядом новых существенных возможностей:

- более открытая и доступная инфраструктура;
- более гибкий пользовательский интерфейс;
- новые возможности в работе с символьными выражениями: усовершенствованные алгоритмы упрощения, конвертации, комбинирования выражений;
- увеличение скорости вычислений;
- новые функции и алгоритмы для математических вычислений.
- 8 новых пакетов расширения, в частности новый пакет по оптимизации Optimization;
- существенно переработанные многие пакеты расширения;
- новый мощный пакет оптимизации;
- средства решения дифференциальных алгебраических уравнений DAE (differential-algebraic equation);
- существенно обновленные и улучшенные решатели обыкновенных дифференциальных уравнений (ODE) и дифференциальных уравнений в частных производных (PDE);
- ряд улучшенных численных методов оптимизации, численного решения дифференциальных уравнений, вычисления эллиптических функций и нахождения корней уравнений;
- поддержка интеграции с системой Mathematica;
- решение дифференциально-алгебраических уравнений;
- новые алгоритмы решения обыкновенных дифференциальных уравнений и уравнений с частными производными;
- усовершенствовано интерактивное управление графикой;
- новые палитры и автоматическое завершение ввода названий команд;
- конвертация документов Mathematica в Maple-документы;
- доступ к Maple из программ C, Java, Visual Basic с помощью инструментов OpenMaple;
- новые возможности программирования отладки программ.

Новый пакет Optimization включает в себя следующие возможности:

- численные методы для решения оптимизационных задач;
- интерактивный мастер (Maplet) постановки и редактирования задач;
- решения произвольной точности;
- алгоритмы для линейного, квадратичного и нелинейного программирования, включая задачи с ограничениями и без них;
- алгоритмы для линейных и нелинейных задач, решаемых методом наименьших квадратов.

Новый пакет Logic разработан для операций с выражениями двужначной булевой логики. Новый пакет RootFinding содержит функции для численного нахождения корней аналитических функций. Словарь математических и инженерных терминов, встроенный в Maple 9.5 содержит более 5000 определений и 300 диаграмм, встроен в справочную систему.

Новый пакет Student[MultivariateCalculus] включает:

- интерактивные программы, основанные на технологии Maplet, обучающие понятиям теории функций нескольких переменных, таких как интегрирование, разложение в ряд Тейлора, производные по направлению;
- средства визуализации основных понятий (замена переменных, центр масс, градиент, якобиан, площадь поверхности и другие);
- расширенное меню Tools обеспечивает доступ к 40 интерактивным обучающим программам по курсам математического анализа, линейной алгебры, функций нескольких переменных.

Пакет Student[Precalculus] содержит новые функции визуализации.

В области аналитического решения дифференциальных уравнений введены новые средства:

- точные решения многих классов дифференциальных уравнений;
- новые алгоритмы решения обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ) типа Риккати, линейных ОДУ 2 порядка типа Мэтью, решений в виде полиномов нелинейных ОДУ и систем ОДУ, линейных и нелинейных уравнений в частных производных, систем уравнений в частных производных;
- новые методы решений ОДУ с начальными условиями, в том числе заданными в кусочном виде;
- гипергеометрические решения без интегралов линейных ОДУ;
- повышение эффективности при решении трудных ОДУ Абеля первого порядка.

В области решения дифференциальных уравнений численными методами появились следующие возможности:

- три новых численных метода решения задач с начальными условиями для алгебраических дифференциальных уравнений, жестких и нежестких;
- Maplet-поддержка для интерактивного решения алгебраических дифференциальных уравнений;
- опция оптимизации для больших или комплексных систем, повышающая скорость решения в 30 раз;
- новая опция для решения жестких задач с начальными условиями для больших систем ОДУ.

Новые математические инструменты представлены также следующими возможностями:

- в пакет PDEtools введено семь новых команд;
- в пакет diffalg добавлен метод алгебраической триангуляции;
- пакет Logic содержит набор команд для работы с выражениями двужначной булевой логики, обеспечивающий упрощение логических выражений, проверку эквивалентности выражений, преобразование логических выражений в алгебраические по модулю 2 и выполнение логических операций.
- пакет RootFinding содержит функции для численного нахождения корней и вычисление нулей аналитических функций;

- обновленный пакет Groebner, включает два новых алгоритма вычисления редуцированных базисов Гребнера торических идеалов;
 - в пакет SumTools включено вычисление сумм гипергеометрического типа.
- Пакет QDifferenceEquations обеспечивает:

- суммирование решений операторов q -сдвига с использованием метода точного q -суммирования;
- вычисление решений в виде серий линейных q -разностных уравнений;
- нахождение всех q -гипергеометрических решений линейного q -разностного уравнения.

В пакете SolveTools:

- включены функции для решения неравенств;
- обеспечено решение линейных неравенств по отношению к одной переменной;
- обеспечено решение одномерных и многомерных систем неравенств.

Обновленный пакет LREtools:

- содержит функции для определения необходимых условий для того, чтобы решение линейного рекуррентного уравнения было аналитическим, в терминах начальных условий;
- позволяет находить все решения Даламбера линейных рекуррентных уравнений;
- определяет возможности построения (desingularizable) оператора с полиномиальными коэффициентами для линейной рекурсии и его вычисление в случае существования.

В сочетании с сохраненными возможностями предшествующей версии системы это дает новой версии Maple 9.5 обширные возможности в эффективном решении широкого класса математических и научно-технических задач, а также задач в области образования.

1.2. Установка Maple 9.5 и начало работы с системой

1.2.1. Установка системы Maple 9.5 на ПК

Maple 9.5 работает на самых различных компьютерных платформах. В этой книге описывается версия, рассчитанная на установку на ПК с операционной системой Windows NT/2000/XP. Для установки на таких ПК требуются следующие аппаратные ресурсы:

- процессор — Pentium III 650 МГц и выше;
- оперативная память — не менее 128 Мбайт (рекомендуется 256 Мбайт);
- место на жестком диске — около 350 Мбайт;
- CD-ROM драйв для работы с инсталляционным CD-ROM.

Инсталляция происходит аналогично этому процессу для всех приложений операционной Windows и в детальном описании не нуждается. Система Maple 9.5 может быть установлена как для индивидуального пользователя, так и для многих пользователей (сетевой вариант). Подробное описание инсталляции дается в файле Install.htm.

Инсталляция проходит под управлением окна инсталляции, представленного на рис. 1.1. В нем слева отражены этапы инсталляции, а справа ее ход и вводимые параметры. Важно отметить необходимость ввода серийного номера (окно инсталляции показано для этого момента) и вида использования системы (для одного пользователя, многих пользователей и сетевого).

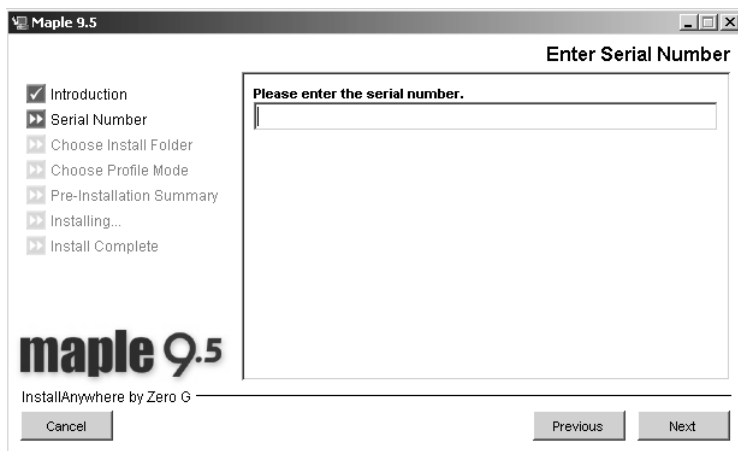


Рис. 1.1. Окно инсталлятора системы Maple 9.5

1.2.2. Двуликий интерфейс Maple 9.5

После инсталляции Maple 9.5 в папке Program Files образуется новая папка с именем Maple 9.5 (или иным, если пользователь задал иное имя папки). В ней можно обнаружить несколько папок и ярлыков, их которых наиболее важные следующие:

- Introduction to Maple 9.5 — открывает окно работы с Maple 9.5 с введением в систему Maple 9.5.
- Maple 9.5 — открывает окно Maple 9.5 со стандартным интерфейсом;
- Classic Worksheet Maple 9.5 — открывает окно Maple 9.5 с классическим интерфейсом;
- Command Line Maple 9.5 — открывает окно работы с Maple 9.5 командном режиме.

Последнюю возможность, в наше время довольно архаичную, хотя иногда и полезную, мы рассматривать не будем. А вот на двух других вариантах интерфейса остановимся. В отличие от предшествующих версий Maple 9.5 стал двуликой системой.

Стандартный интерфейс используется для получения максимальных возможностей в применении системы Maple. Классический интерфейс лучше знаком большинству пользователей системами Maple и рекомендуется при использовании ПК с минимально возможной памятью. Возможности системы при использовании двух видов интерфейсов немного отличаются.

1.2.3. Запуск системы Maple 9.5

Запуск Maple 9.5 со стандартным интерфейсом производится, как обычно, из меню Windows, открываемого кнопкой **Пуск**. Найдя позицию Maple 9.5, необходимо открыть подменю и щелкнуть на команде Maple 9.5. Возможен также запуск с помощью ярлыка с надписью Maple 9.5, помещенного на рабочий стол. Вид окна системы Maple 9.5 при таком запуске представлен на рис. 1.2.

Окно системы содержит два больших подокна — слева окно с палитрами математических выражений и спецзнаков, справа окно с документом — введением в систему Maple 9.5. При описанном запуске это окно будет чистым. Кроме того, в центре окна появляется окно ежедневных подсказок Top of the Day, которое

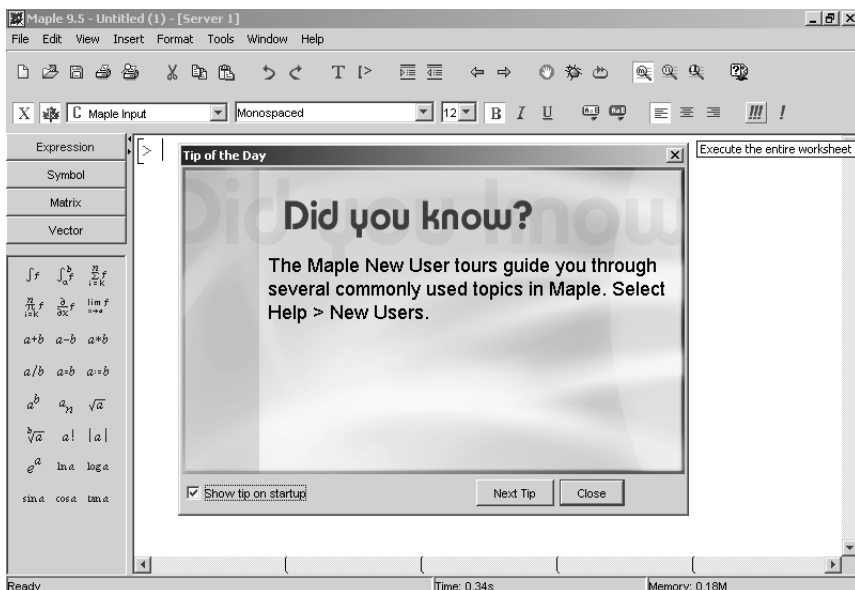


Рис. 1.2. Окно системы Maple 9.5 со стандартным интерфейсом

выдает короткие советы по применению Maple 9.5 (на английском языке). Если это окно становится ненужным, можно заблокировать его появление при каждом пуске Maple 9.5 убрав мышью знак птички напротив опции Show tip on Startup.

Для первоначального знакомства с системой Maple 9.5 стоит воспользоваться командой Introduction to Maple 9.5. После запуска появляется рабочее окно системы, изображенное на рис. 1.3.

Сразу отметим, что панель с палитрами математических выражений и спецзнаков лишь вначале закреплена в левой части окна. С помощью маленьких черных треугольников в правом верхнем углу окна палитр это окно можно закрывать и открывать. Кроме того, с помощью контекстного меню правой клавиши (оно показано открытым на рис. 1.3 для палитры Expression) ту или иную палитру можно разместить слева (Left) или справа (Right), сверху (Top) или снизу (Bottom).

Окно Maple 9.5 с классическим интерфейсом, выводимое командой Classic Worksheet Maple 9.5 (или активизацией ее ярлыка на рабочем столе) представлено на рис. 1.4. Это окно привычно пользователям предшествующими версиями Maple 7/8/9. Поэтому большинство примеров в этой книге дается в этом окне. Разумеется их содержательную часть можно использовать и при работе со стандартным интерфейсом. Однако, русскоязычные надписи при этом превращаются а «абракадабру» — смесь непонятных символов. Как правило, их приходится вводить заново — уже в стандартном интерфейсе.

Разница между стандартным и классическим интерфейсом носит принципиальный характер. Это, прежде всего, относится к характеру использования оперативной памяти и организации вычислений. В стандартном интерфейсе (режиме) память разделена между исполняемыми и загруженными документами, так что каждый ведет себя независимо. Это реализовано с помощью так называемого разделенного «сервера» или ядра — shared kernel.

В классическом интерфейсе память, выделенная Maple, является общей и реализован «параллельный» сервер (ядро) — parallel kernel. Именно это ведет к уменьшению затрат памяти, но приводит к тому, что определения объектов являюся

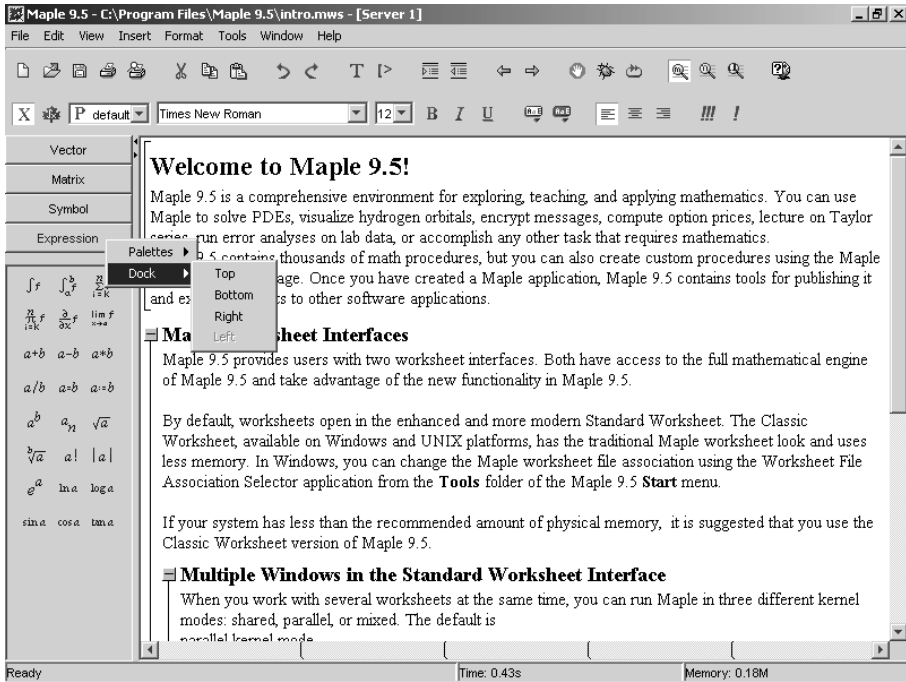


Рис. 1.3. Окно системы Maple 9.5 со стандартным интерфейсом и загруженным введением к работе с системой

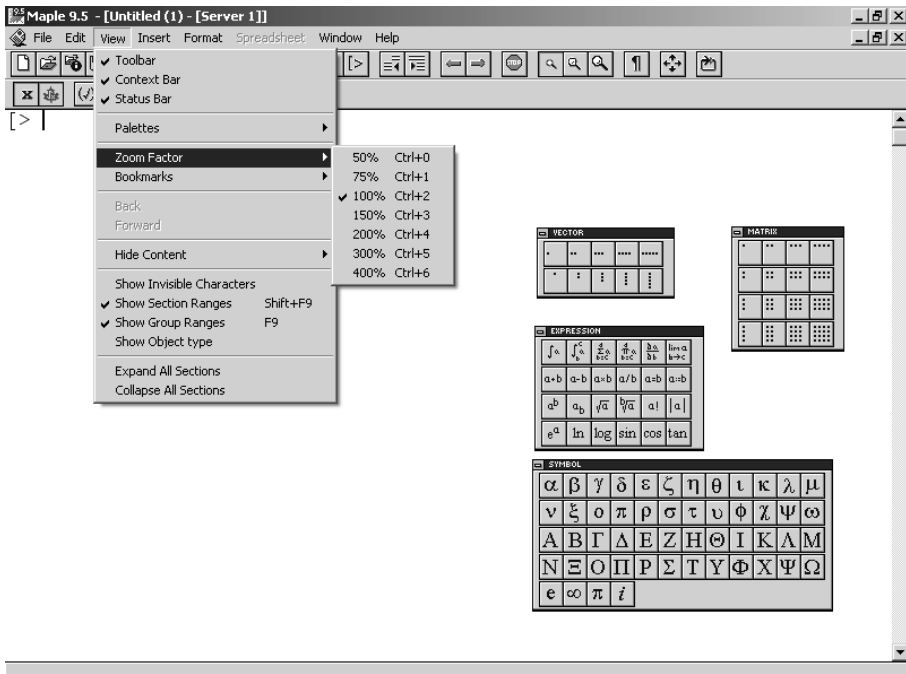


Рис. 1.4. Окно системы Maple 9.5 с классическим интерфейсом

Оглавление

Предисловие	3
Благодарности и адреса	6
Глава 1. ОСНОВЫ РАБОТЫ С MAPLE 9.5/10	7
1.1. Краткая характеристика систем класса Maple	7
1.1.1. Назначение и место систем Maple 9.5/10	7
1.1.2. Структура систем Maple 9.5/10	8
1.1.3. Язык программирования систем класса Maple	10
1.1.4. Новые возможности Maple 9.5	11
1.2. Установка Maple 9.5 и начало работы с системой	13
1.2.1. Установка системы Maple 9.5 на ПК	13
1.2.2. Двуязыкий интерфейс Maple 9.5	14
1.2.3. Запуск системы Maple 9.5	14
1.2.4. Понятие о символьных (аналитических) вычислениях	17
1.2.5. Данные о скорости вычислений в Maple 9.5	18
1.3. Интерфейс пользователя Maple 9.5	20
1.3.1. Окно системы	20
1.3.2. Меню системы	20
1.3.3. Палитры ввода математических символов	21
1.3.4. Всплывающие подсказки	21
1.4. Работа с файловыми операциями	22
1.4.1. Обзор позиции File меню	22
1.4.2. Создание нового документа	23
1.4.3. Открытие документа	23
1.4.4. Сохранение документа	24
1.4.5. Экспорт файлов	24
1.4.6. Закрытие документа	25
1.4.7. Запись настроек	25
1.4.8. Выход из системы	26
1.4.9. Печать документов	27
1.4.10. Предварительный просмотр страниц	27
1.4.11. Установка параметров принтера	28
1.5. Редактирование документов	28
1.5.1. Обзор позиции Edit меню	28
1.5.2. Операции с буфером обмена	29
1.5.3. Операции разделения и объединения объектов	29
1.5.4. Исполнение выделенных ячеек или всего документа	29
1.5.5. Удаление ячеек вывода	30
1.6. Операции вставки	30
1.6.1. Обзор меню Insert	30
1.6.2. Основные команды вставки	30
1.6.3. Операции с секциями документов	31

1.6.4. Вставка и применение гиперссылок	33
1.6.5. Вставка и редактирование объектов	33
1.7. Электронные таблицы	34
1.7.1. Вставка электронных таблиц	34
1.7.2. Обзор позиции Spreadsheet меню	35
1.7.3. Работа с электронными таблицами	36
1.7.4. Об интеграции Maple с табличным процессором Excel	38
1.8. Операции форматирования	38
1.8.1. Обзор позиции Format меню	38
1.8.2. Установка стилей	39
1.9. Управление видом интерфейса Maple 9.5	40
1.9.1. Управление видом интерфейса	40
1.9.2. Установка закладок	41
1.9.3. Управление показом компонентов документа	42
1.9.4. Управление показом непечатаемых символов	42
1.9.5. Представление выражений в строках	42
1.9.6. Контроль за предполагаемыми переменными	44
1.9.7. Управление показом графиков	45
1.10. Работа с окнами	46
1.10.1. Позиция Window меню	46
1.10.2. Работа с окнами	46
1.11. Основы работы с Maple 9.5 в диалоговом режиме	46
1.11.1. Начальные навыки работы	46
1.11.2. Понятие о функциях и операторах	47
1.11.3. Операторы и средства вывода выражений	49
1.11.4. Обработка и индикация ошибок	50
1.11.5. Применение контекстного меню правой клавиши мыши	52
1.11.6. Примеры задания функции пользователя и построения ее графика	52
1.11.7. Пример построения трехмерного графика поверхности	53
1.12. Символьные вычисления	54
1.12.1. Простой пример символьных вычислений	54
1.12.2. Представление входных выражений в математической форме	55
1.12.3. Типовые символьные вычисления	57
1.12.4. Разбухание результатов символьных вычислений	58
1.12.5. Решения системы линейных уравнений	60
1.13. Повышение эффективности работы с системой	61
1.13.1. Работа с панелью инструментов	61
1.13.2. Работа с контекстной панелью инструментов	61
1.13.3. Контекстная панель инструментов для двумерных графиков	63
1.13.4. Контекстная панель инструментов трехмерной графики	64
1.13.5. Строка состояния	65
1.13.6. Горячие клавиши системы Maple 9.5	65
1.14. Новая позиция Tools меню Maple 9.5	68
1.14.1. Состав позиции Tools меню	68
1.14.2. Вывод окна всех команд	69
1.14.3. Помощники (ассистенты) Maple 9.5	69
1.14.4. Браузер просмотра библиотек	70
1.14.5. Интерактивный построитель графиков	70

1.15. Работа с информационными ресурсами Maple 9.5	72
1.15.1. Доступ к справке при классическом интерфейсе	72
1.15.2. Доступ к справке при стандартном интерфейсе	74
1.15.3. Доступ к каталогу примеров	75
1.15.4. Новые самоучители	76
1.16. Работа с пакетами расширения	76
1.16.1. Состав пакетов расширения	76
1.16.2. Новые пакеты расширения систем Maple 9.5	78
1.16.3. Получение информации о конкретном пакете	78
1.16.4. Полная и частичная загрузка пакетов расширения	79
1.17. Особенности системы Maple 10	79
1.17.1. Новые возможности Maple 10	79
1.17.2. Установка и запуск Maple 10	80
1.17.3. Доступ к справке Maple 10	82
1.17.4. Использование примеров из справки Maple 10	83
1.17.5. Быстрый справочник Quick Reference Card	84
1.17.6. Автоматическая нумерация формул в документе	84
1.17.7. Новации интерфейса Maple 10	86
1.17.8. Новые палитры математических символов	86
1.17.9. Новые возможности графики Maple 10	88
1.17.10. Новый самоучитель Maple 10	90
1.17.11. Словарь математических и инженерных терминов в Maple 10	92
1.17.12. Сопровождающая Maple 10 литература	92
1.17.13. Новые и доработанные пакеты расширения Maple 10	93
1.17.14. Новый набор примеров работы с Maple 10	94
1.17.15. Маплет-ассистенты Maple 10	96
1.17.16. Классический интерфейс Maple 10	100
1.17.17. Применение шаблонов (Templates) в Maple 10	101
1.17.18. Графический калькулятор Maple 10	102
Глава 2. ТИПЫ ДАННЫХ И РАБОТА С НИМИ	104
2.1. Работа с простыми данными Maple-языка	104
2.1.1. Использование знаков алфавита	104
2.1.2. Резервированные слова	105
2.1.3. Работа с числами и арифметические вычисления	105
2.1.4. Точная арифметика	107
2.1.5. Вычисление числа π с произвольной точностью	107
2.1.6. Работа с комплексными числами	109
2.1.7. Контроль над типами чисел	110
2.1.8. Преобразования чисел с разным основанием	111
2.1.9. Пакет RealDomain для вычислений с действительными данными	112
2.1.10. Модификация графической функции plot	113
2.2. Сложные типы данных	113
2.2.1. Создание наборов (множеств)	114
2.2.2. Создание и применение списков выражений	114
2.2.3. Создание массивов, векторов и матриц	114
2.2.4. Работа с строителем матриц Matrix Builder Maple 9.5	116
2.2.5. Работа с строителем матриц Matrix Builder Maple 10	117
2.2.6. Ассистент импорта данных Import Data в Maple 10	117
2.2.7. Просмотр импортируемых в Maple 10 данных	119

2.2.8. Создание Maple-таблиц и их применение	121
2.2.7. Пакет ListTool для работы со списками	122
2.2.8. Структура разбросанных полиномов ряда переменных SDMPolynom	123
2.3. Применение констант	123
2.3.1. Символьные и числовые константы	123
2.3.2. Строковые константы	123
2.3.3. Встроенные в ядро Maple константы	123
2.3.4. Идентификация констант	124
2.3.5. Защита идентификаторов констант	124
2.3.6. Задание новых констант	125
2.4. Работа с размерными величинами	125
2.4.1. Пакет поддержки размерных величин Units	125
2.4.2. Примеры работы с размерными величинами	125
2.4.3. Ассистент преобразования размерных величин в Maple 9.5/10	126
2.4.4. Пакет научных констант ScientificConstants	127
2.4.5. Работа с научными константами	127
2.4.6. Вызов списка и свойств химических элементов	128
2.4.7. Применение пакета ScientificConstants	128
2.5. Функции для работы со строковыми данными	130
2.5.1. Создание и применение строковых данных	130
2.5.2. Неисполняемые программные комментарии	130
2.5.3. Контроль типа строковых данных	130
2.5.4. Интерактивный ввод строк	131
2.5.5. Обработка строк	131
2.5.6. Преобразование строки в математическое выражение	132
2.6. Переменные и их применение	133
2.6.1. Типы переменных	133
2.6.2. Назначение переменным имен	133
2.6.3. Присваивание переменным значений	134
2.6.4. Отмена операции присваивания и команда restart	134
2.6.5. Придание переменным статуса предполагаемых	136
2.7. Работа с файлами и документами	137
2.7.1. Типы файлов	137
2.7.2. Запись данных в файлы	138
2.7.3. Считывание данных из файлов	138
2.7.4. Запись и считывание m-файлов	139
2.7.5. Запись в файлы графических объектов	140
2.8. Вывод в специальных форматах	140
2.8.1. Вывод в формате LaTeX	140
2.8.2. Вывод на языке Фортран	140
2.8.3. Вывод на языке C	141

Глава 3. РАБОТА С МАТЕМАТИЧЕСКИМИ ВЫРАЖЕНИЯМИ И ФУНКЦИЯМИ	142
3.1. Работа с операторами	142
3.1.1. Операторы и операнды	142
3.1.2. Виды операторов	143
3.1.3. Применение бинарных (инфиксных) операторов	143
3.1.4. Работа с множествами	145

3.1.5. Новый оператор <code>in</code> в множествах	146
3.1.6. Применение унарных арифметических операторов	146
3.1.7. Применение оператора <code>%</code> и команды <code>history</code>	147
3.1.8. Работа с логическими операторами	148
3.1.9. Применение операторов специальных типов	149
3.1.10. Применение функциональных операторов	150
3.1.11. Определение нейтральных операторов	150
3.1.12. Определение операторов с помощью оператора <code>define</code>	151
3.2. Работа с математическими функциями	152
3.2.1. Понятие о функциях	152
3.2.2. Математические выражения	153
3.2.3. Работа с элементарными функциями в системе Maple	153
3.2.4. Некоторые целочисленные функции и факториал	154
3.2.5. Функции с элементами сравнения и их применение	155
3.2.6. Примеры вычисления тригонометрических функций	157
3.2.7. Гармонический синтез пилообразных колебаний	158
3.2.8. Гармонический синтез меандра	159
3.2.9. Обратные тригонометрические функции и их применение	159
3.2.10. Применение гиперболических функций	160
3.2.11. Обратные гиперболические функции и их применение	161
3.2.12. Вычисление степенных и логарифмических функций	162
3.2.13. Применение элементарных функций для моделирования сигналов	163
3.2.14. Выбор экспоненциальных функций для приближения сложных зависимостей	164
3.2.15. Применение функций с элементами сравнения	167
3.2.16. Работа с функциями комплексного аргумента	168
3.2.17. Построение графиков функций в Maple-окне	169
3.3. Работа со специальными функциями	170
3.3.1. Обзор специальных математических функций	170
3.3.2. Специальные математические функции системы Maple 9.5	173
3.3.3. Построение графиков специальных функций	175
3.3.4. Консультант по функциям	176
3.4. Работа с функциями пакетов расширения Maple	177
3.4.1. Работа с функциями пакета комбинаторики <code>combinat</code>	177
3.4.2. Функции пакета структур комбинаторики <code>combstruct</code>	180
3.4.3. Функции пакета теории чисел — <code>numtheory</code>	181
3.4.4. Пакет для работы с p -адическими числами — <code>padic</code>	181
3.4.5. Пакет для работы с гауссовыми целыми числами — <code>GaussInt</code>	181
3.5. Расширенные возможности Maple в работе с выражениями	182
3.5.1. Ввод выражений	182
3.5.2. Оценивание выражений	183
3.5.3. Последовательности выражений	185
3.5.4. Вывод выражений	186
3.5.5. Работа с частями выражений	186
3.5.6. Работа с уровнями вложенности выражений	187
3.5.7. Преобразование выражений в тождественные формы	187
3.5.8. Преобразование выражений	189
3.5.9. Контроль за типами объектов	190

3.6. Работа с подстановками	193
3.6.1. Функциональные преобразования подвыражений	193
3.6.2. Функциональные преобразования элементов списков	193
3.6.3. Подстановки с помощью функций <code>add</code> , <code>mul</code> и <code>seq</code>	195
3.6.4. Подстановки с помощью функций <code>subs</code> и <code>subsop</code>	195
3.6.5. Подстановки правил и подвыражений	197
3.6.6. Функции сортировки и селекции	197
3.7. Символьные преобразования выражений	200
3.7.1. Упрощение выражений — <code>simplify</code>	200
3.7.2. Расширение выражений — <code>expand</code>	203
3.7.3. Разложение целых и рациональных чисел — <code>ifactor</code>	204
3.7.4. Разложение выражений (факторизация) — <code>factor</code>	204
3.7.5. Комплектование по степеням — <code>collect</code>	205
3.7.6. Работа с пакетом рациональных нормальных форм <code>RationalNormalForms</code>	207

Глава 4. ПРАКТИКА МАТЕМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

4.1. Вычисление сумм последовательностей	208
4.1.1. Основные функции для вычисления сумм последовательностей	208
4.1.2. Последовательности с заданным числом членов	209
4.1.3. Суммы с известным пределом	209
4.1.4. Суммы бесконечных рядов	210
4.1.5. Двойные суммы	210
4.1.6. Пакет вычисления специальных сумм <code>sumtools</code>	211
4.1.7. Примеры вычисления специальных сумм	211
4.2. Вычисление произведений членов последовательностей	212
4.2.1. Основные функции для произведения членов последовательностей	212
4.2.2. Примеры вычисления произведений членов последовательностей	212
4.3. Вычисление производных	213
4.3.1. Определение производной и полного дифференциала	213
4.3.2. Функции дифференцирования <code>diff</code> и <code>Diff</code>	214
4.3.3. Дифференциальный оператор <code>D</code>	216
4.3.4. Импликативное дифференцирование	217
4.3.5. <code>Maplet</code> -вычислитель производных <code>Derivatives</code>	218
4.3.6. <code>Maplet</code> -инструмент по методам дифференцирования	218
4.4. Вычисление интегралов	220
4.4.1. Определение интегралов	220
4.4.2. Вычисление неопределенных интегралов	221
4.4.3. Конвертирование и преобразование интегралов	222
4.4.4. Вычисление определенных интегралов	223
4.4.5. Каверзные интегралы и визуализация результатов интегрирования	224
4.4.6. Вычисление несобственных интегралов первого рода	229
4.4.7. Вычисление несобственных интегралов второго рода	232
4.4.8. Интегралы с переменными пределами интегрирования	234
4.4.9. Вычисление кратных интегралов	234
4.4.10. О вычислении некоторых других интегралов	236
4.4.11. <code>Maplet</code> -демонстрация построения графика первообразной	236

4.4.11. Maple-демонстрация методов интегрирования	238
4.4.12. Численное вычисление определенных интегралов	239
4.5. Вычисление пределов функций	240
4.5.1. Определение предела функции	240
4.5.2. Функции вычисления пределов в Maple 9.5	240
4.5.3. Вычисление пяти замечательных пределов	241
4.5.4. Графическая иллюстрация вычисления пределов с двух сторон	242
4.5.5. Maple-инструмент для иллюстрации методов вычисления пределов	243
4.6. Разложение функций в ряды	244
4.6.1. Определение рядов Тейлора и Маклорена	244
4.6.2. Разложение в степенной ряд	244
4.6.3. Разложение в ряды Тейлора и Маклорена	245
4.6.4. Пример документа — разложения синуса в ряд	247
4.6.5. Пакет вычисления степенных разложений rowseries	249
4.6.6. Примеры выполнения степенных разложений	250
4.6.7. Maple-иллюстрация аппроксимации рядом Тейлора в ряд	250
4.7. Визуализация приложений математического анализа	251
4.7.1. Суммы Римана и приближение интегралов	251
4.7.2. Вычисление длины дуги	254
4.7.3. Иллюстрация теоремы о среднем	256
4.7.4. Построение касательной к заданной точке кривой	256
4.7.5. Построение касательной к заданной точке кривой и секущих линий	257
4.7.6. Вычисление поверхности вращения кривой	258
4.7.7. Вычисление объема фигуры, полученной вращением отрезка кривой	258
4.7. Решение уравнений и неравенств	259
4.7.1. Основная функция solve	259
4.7.2. Решение одиночных нелинейных уравнений	260
4.7.3. Решение тригонометрических уравнений	262
4.7.4. Решение систем линейных уравнений	264
4.7.5. Решение систем нелинейных и трансцендентных уравнений	267
4.7.6. Функция RootOf	268
4.7.7. Решение уравнений со специальными функциями	269
4.7.8. Решение неравенств	269
4.7.9. Решение функциональных уравнений	271
4.7.10. Решение уравнений с линейными операторами	272
4.7.11. Решение в численном виде — функция fsolve	272
4.7.12. Решение рекуррентных уравнений — rsolve	274
4.7.13. Решение уравнений в целочисленном виде — isolve	275
4.7.14. Функция msolve	275
4.8. Применение пакета расширения student	276
4.8.1. Функции пакета student	276
4.8.2. Функции интегрирования пакета student	277
4.8.3. Иллюстративная графика пакета student	278
4.8.4. Визуализация методов численного интегрирования	279
4.9. Работа с алгебраическими кривыми	279
4.9.1. Пакет для работы с алгебраическими кривыми algcurves	279

4.9.2. Примеры работы с алгебраическими кривыми	280
4.9.3. Построение алгебраических кривых класса knot	281
4.10. Векторные вычисления и функции теории поля	283
4.10.1. Пакет векторных вычислений VectorCalculus	283
4.10.2. Объекты векторных вычислений	284
4.10.3. Основные операции с векторами	285
4.10.4. Операции с кривыми	287
4.10.5. Интегрирование в пакете VectorCalculus	289
4.10.6. Задание матриц специального типа	290
4.10.7. Функции теории поля	291
4.10.8. Приближение площади сложной поверхности суммами Римана	294
4.10.9. Вычисление поверхностных интегралов	296

Глава 5. АНАЛИЗ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ И ОБРАБОТКА ДАННЫХ

5.1. Анализ функциональных зависимостей	297
5.1. Понятие о функциональных зависимостях	297
5.1.2. Поиск экстремумов функций по нулям первой производной	298
5.1.3. Поиск экстремумов в аналитическом виде	299
5.1.4. Поиск максимума амплитудно-частотной характеристики	300
5.1.5. Поиск экстремумов с помощью функции extrema	301
5.1.6. Поиск минимумов и максимумов аналитических функций	302
5.1.7. Поиск минимума функций с ограничениями методом выпуклого программирования	304
5.1.8. Анализ функций на непрерывность	305
5.1.9. Определение точек нарушения непрерывности	306
5.1.10. Нахождение сингулярных точек функции	307
5.1.11. Вычисление асимптотических и иных разложений	307
5.1.12. Пример анализа сложной функции	308
5.1.13. Maple-инструмент по анализу функциональных зависимостей	310
5.2. Работа с функциями из отдельных кусков	311
5.2.1. Создание функций из отдельных кусков	311
5.2.2. Простые примеры применения функции piecewise	312
5.2.3. Работа с функциями piecewise	312
5.3. Операции с полиномами	314
5.3.1. Определение полиномов	314
5.3.2. Выделение коэффициентов полиномов	314
5.3.3. Оценка коэффициентов полинома по степеням	315
5.3.4. Оценка степеней полинома	316
5.3.5. Контроль полинома на наличие несокращаемых множителей	317
5.3.6. Разложение полинома по степеням	318
5.3.7. Вычисление корней полинома	319
5.3.8. Основные операции с полиномами	319
5.3.9. Операции над степенными многочленами с отрицательными степенями	321
5.4. Работа с ортогональными полиномами	322
5.4.1. Состав пакета orthopoly	322
5.4.2. Вычисление ортогональных полиномов	323
5.4.3. Построение графиков ортогональных полиномов	324
5.4.4. Работа с рядами ортогональных многочленов	326

5.5. Пакет PolynomialTools	327
5.5.1. Обзор возможностей пакета PolynomialTools	327
5.5.2. Функции для работы с полиномами	328
5.5.3. Функции сортировки полиномов	329
5.5.4. Функции преобразования полиномов в PDE и обратно	330
5.6. Введение в интерполяцию и аппроксимацию	330
5.6.1. Основные понятия	330
5.6.2. Полиномиальная аппроксимация и интерполяция аналитических зависимостей	331
5.6.3. Интерполяционный метод Лагранжа.	332
5.6.4. Интерполяционный метод Ньютона	333
5.6.5. Итерационно-интерполяционный метод Эйткена	333
5.6.6. Чебышевская интерполяция	334
5.6.7. Сплайновая интерполяция, экстраполяция и аппроксимация	334
5.6.8. Рациональная интерполяция и аппроксимация	335
5.6.9. Метод наименьших квадратов (МНК)	336
5.6.10. Тригонометрическая интерполяция рядами Фурье	338
5.7. Аппроксимация зависимостей в Maple	339
5.7.1. Аппроксимация аналитически заданных функций	339
5.7.2. Сплайн-интерполяция в Maple	343
5.7.3. Полиномиальная интерполяция табличных данных	345
5.8. Применение числовой аппроксимации функций	346
5.8.1. Состав пакета numapprox	346
5.8.2. Разложение функции в ряд Лорана	347
5.8.3. Паде-аппроксимация аналитических функций	347
5.8.4. Паде-аппроксимация с полиномами Чебышева	349
5.8.5. Наилучшая минимаксная аппроксимация	349
5.8.6. Наилучшая минимаксная аппроксимация по алгоритму Ремеза	350
5.8.7. Другие функции пакета numapprox	350
5.9. Пакет приближения кривых CurveFitting	351
5.9.1. Общая характеристика пакета Curve Fitting	351
5.9.2. Функция вычисления B-сплайнов Bspline	351
5.9.3. Функция построения B-сплайновых кривых BsplineCurve	352
5.9.4. Сравнение полиномиальной и сплайновой аппроксимаций	352
5.9.5. Сплайновая аппроксимация при большом числе узлов	353
5.9.6. Функция реализации метода наименьших квадратов LeastSquares	355
5.9.7. Функция полиномиальной аппроксимации	356
5.9.8. Функция рациональной аппроксимации	356
5.9.9. Функция вычисления обычных сплайнов Spline	357
5.9.10. Функция аппроксимации непрерывными дробями	357
5.10. Выбор аппроксимации для сложной функции	358
5.10.1. Задание исходной функции и построение ее графика	358
5.10.2. Аппроксимации рядом Тейлора	359
5.10.3. Паде-аппроксимация	360
5.10.4. Аппроксимация полиномами Чебышева	361
5.10.5. Аппроксимация Чебышева-Паде	362
5.10.6. Минимаксная аппроксимация	363
5.10.7. Эффективная оценка рациональных функций	364
5.10.8. Сравнение времен вычислений	365
5.10.9. Преобразование в код ФОРТРАНа или С	365

5.11. Интегральные преобразования функций	366
5.11.1. Прямое и обратное Z-преобразования	366
5.11.2. Быстрое преобразование Фурье	367
5.11.3. Общая характеристика пакета <code>intttrans</code>	368
5.11.4. Прямое и обратное преобразование Фурье	368
5.11.5. Вычисление косинусного и синусного интегралов Фурье	370
5.11.6. Прямое и обратное преобразование Лапласа	371
5.11.7. Интегральное преобразование Ханкеля	372
5.11.8. Прямое и обратное преобразования Гильберта	373
5.11.9. Интегральное преобразование Меллина	375
5.11.10. Функция <code>addtable</code>	375
5.12. Регрессионный анализ	375
5.12.1. Функция <code>fit</code> для регрессии в пакете <code>stats</code>	375
5.12.2. Линейная и полиномиальная регрессия с помощью функции <code>fit</code>	376
5.12.3. Регрессия для функции ряда переменных	377
5.12.4. Линейная регрессия общего вида	378
5.12.5. О нелинейной регрессии с помощью функции <code>fit</code>	379
5.12.6. Сплайновая регрессия с помощью функции <code>BSplineCurve</code>	380
5.13. Работа с функциями двух переменных	380
5.13.1. <code>Maplet</code> -инструмент для работы с функциями двух переменных	380
5.13.2. Демонстрация разложения в ряд Тейлора функции двух переменных	381
5.13.3. Демонстрация вычисления градиента функции двух переменных ...	382
5.13.4. Демонстрация вычисления производной в заданном направлении	383
5.13.5. Демонстрация приближенного вычисления интеграла	383
5.13.6. <code>Maplet</code> -демонстрация сечения поверхности	383

Глава 6. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ЛИНЕЙНОЙ АЛГЕБРЫ, ОПТИМИЗАЦИИ И РЕГРЕССИИ

6.1. Основные операции линейной алгебры	386
6.1.1. Основные определения линейной алгебры	386
6.1.2. Системы линейных уравнений и их матричная форма	388
6.1.3. Матричные разложения	388
6.1.4. Элементы векторов и матриц	389
6.1.5. Преобразование списков в векторы и матрицы	389
6.1.6. Операции с векторами	390
6.1.7. Операции над матрицами с численными элементами	391
6.1.8. Символьные операции с матрицами	392
6.2. Пакет линейной алгебры <code>linalg</code> системы	394
6.2.1. Состав пакета <code>linalg</code>	394
6.2.2. Интерактивный ввод матриц	396
6.2.3. Основные функции для задания векторов и матриц	397
6.2.4. Работа с векторами и матрицами	398
6.2.5. Решение систем линейных уравнений	400
6.2.6. Визуализация матриц	402
6.3. Работа с пакетом <code>LinearAlgebra</code> и алгоритмами <code>NAG</code>	402
6.3.1. Назначение и загрузка пакета <code>LinearAlgebra</code>	402
6.3.2. Примеры матричных операций с применением пакета <code>LinearAlgebra</code>	403

6.3.3. Методы решения систем линейных уравнений средствами пакета LinearAlgebra	405
6.3.4. Решение системы линейных уравнений методом LU-декомпозиции	405
6.3.5. Решение системы линейных уравнений методом QR-декомпозиции	407
6.3.6. Решение системы линейных уравнений методом декомпозиции Холецки	408
6.3.7. Одновременное решение нескольких систем уравнений	410
6.4. Интеграция Maple с MATLAB	411
6.4.1. Краткие сведения о MATLAB	411
6.4.2. Загрузка пакета расширения Matlab	411
6.4.3. Типовые матричные операции пакета расширения Matlab	411
6.5. Линейная оптимизация и линейное программирование	413
6.5.1. Постановка задачи линейного программирования	413
6.5.2. Обзор средств пакета simplex	414
6.5.3. Переопределенные функции maximize и minimize	415
6.5.4. Прочие функции пакета simplex	416
6.6. Новый пакет оптимизации Optimization в Maple 9.5	418
6.6.1. Доступ к пакету Optimization и его назначение	418
6.6.2. Работа с функциями Minimize и Maximize	419
6.6.3. Линейное программирование — LPSolve	420
6.6.4. Квадратичное программирование — QPSolve	421
6.6.5. Нелинейное программирование — NLPSolve	422
6.6.6. Работа с функцией импорта данных из файлов — ImportMPC	423
6.6.7. Нелинейная регрессия	423
6.6.8. Маплет-оптимизация с помощью функции Interactive	423
6.7. Новые средства Maple 10	425
6.7.1. Нелинейное программирование с ограничениями в Maple 10	425
6.7.2. Нелинейный метод наименьших квадратов в Maple 10	425
6.7.3. Глобальная оптимизация и пакет Global Optimization Toolbox	426
6.7.4. Применение ассистента оптимизации Maple 10	426
Глава 7. РЕШЕНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ	429
7.1. Введение в решение дифференциальных уравнений	429
7.1.1. Дифференциальные уравнения первого порядка	429
7.1.2. Решение дифференциального уравнения радиоактивного распада ...	429
7.1.3. Модели популяций Мальтуса и Ферхюльса-Пирла	430
7.1.3. Системы дифференциальных уравнений	431
7.1.4. Сведение ДУ высокого порядка к системам ОДУ первого порядка	432
7.1.5. Решение задачи на полет камня	432
7.1.6. Классификация дифференциальных уравнений	434
7.1.7. Функция решения дифференциальных уравнений dsolve	436
7.1.8. Уровни решения дифференциальных уравнений	437
7.2. Примеры решения дифференциальных уравнений	437
7.2.1. Примеры аналитического решения ОДУ первого порядка	437
7.2.2. Полет тела, брошенного вверх	438
7.2.3. Поведение идеального гармонического осциллятора	439

7.2.4. Дополнительные примеры решения дифференциальных уравнений второго порядка	440
7.2.5. Решение систем дифференциальных уравнений	441
7.2.6. Модель Стритера-Фелпса для динамики кислорода в воде	442
7.3. Специальные средства решения дифференциальных уравнений	443
7.3.1. Численное решение дифференциальных уравнений	443
7.3.2. Дифференциальные уравнения с кусочными функциями	445
7.3.3. Структура неявного представления дифференциальных уравнений — DESol	447
7.4. Инструментальный пакет решения дифференциальных уравнений DEtools	448
7.4.1. Средства пакета DEtools	448
7.4.2. Консультант по дифференциальным уравнениям	449
7.4.3. Основные функции пакета DEtools	449
7.4.4. Дифференциальные операторы и их применение	453
7.5. Графическая визуализация решений дифференциальных уравнений	454
7.5.1. Применение функции odeplot пакета plots	454
7.5.2. Функция DEplot из пакета DEtools	456
7.5.3. Решение системы дифференциальных уравнений модели Лотки-Вольтера	457
7.5.4. Функция DEplot3d из пакета DEtools	459
7.5.5. Графическая функция dfieldplot	460
7.5.6. Графическая функция phaseportrait	461
7.6. Углубленный анализ дифференциальных уравнений	463
7.6.1. Задачи углубленного анализа ДУ	463
7.6.2. Проверка ДУ на автономность	463
7.6.3. Контроль уровня вывода решения ДУ	464
7.6.4. Приближенное полиномиальное решение дифференциальных уравнений	465
7.7. Решение дифференциальных уравнений специального вида	466
7.7.1. Определение жестких систем дифференциальных уравнений	466
7.7.2. Примеры решения жестких систем дифференциальных уравнений	467
7.7.3. Пример решения системы жестких дифференциальных уравнений химической кинетики	469
7.7.4. Решение дифференциального уравнения Ван-Дер Поля	469
7.7.6. Решение дифференциальных уравнений с двумя краевыми условиями	471
7.8. Решение дифференциальных уравнений с частными производными	472
7.8.1. Функция pdsolve	472
7.8.2. Инструментальный пакет расширения PDEtool	473
7.8.3. Примеры решения дифференциальных уравнений с частными производными	474
7.8.4. Функция PDEplot пакета DEtools	475
7.8.5. Примеры применения функции PDEplot	476
7.9. Сложные колебания в нелинейных системах и средах	477
7.9.1. Пример нелинейной системы и моделирование колебаний в ней	477
7.9.2. Фазовый портрет на плоскости	478
7.9.3. Фазовые портреты в пространстве	478
7.9.4. Распространение волн в нелинейной среде	480

7.10. Интерактивное решение дифференциальных уравнений	481
7.10.1. Новые средства интерактивного решения дифференциальных уравнений	481
7.10.2. Примеры интерактивного решения дифференциальных уравнений	482
7.11. Анализ линейных функциональных систем	484
7.11.1. Назначение пакета LinearFunctionalSystems	484
7.11.2. Тестовые функции пакета LinearFunctionalSystems	484
7.11.3. Функции решения линейных функциональных систем	484
7.11.4. Вспомогательные функции	485
7.12. Новые возможности Maple 10 в решении дифференциальны уравнений	485
7.12.1. Средства Maple 10 для аналитического решения дифференциальных уравнений	485
7.12.2. Средства Maple 10 численного решения дифференциальных уравнений	487
Глава 8. ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ВЫЧИСЛЕНИЙ	488
8.1. Двумерная графика	488
8.1.1. Введение в двумерную графику	488
8.1.2. Функция plot для построения двумерных графиков	488
8.1.3. Управление стилем и цветом линий двумерных графиков	491
8.1.4. Графики функций с разрывами	491
8.1.5. Графики нескольких функций на одном рисунке	492
8.1.6. Графики функций, построенные точками	492
8.2. Специальные типы двумерных графиков	494
8.2.1. Графики функций, заданных своими именами	494
8.2.2. Графики функций, заданных процедурами	494
8.2.3. Графики функций, заданных функциональными операторами	495
8.2.4. Графики функций, заданных параметрически	495
8.2.5. Графики функций в полярной системе координат	497
8.3. Построение трехмерных графиков	497
8.3.1. Функция plot3d	497
8.3.2. Параметры функции plot3d	498
8.3.3. Построение поверхностей с разными стилями	499
8.3.4. Построение фигур в различных системах координат	500
8.3.5. Графики параметрически заданных поверхностей	501
8.3.6. Масштабирование трехмерных фигур и изменение углов их обзора	502
8.3.7. Занимательные фигуры — трехмерные графики	504
8.3.8. Построение ряда трехмерных фигур на одном графике	504
8.4. Работа с графическими структурами	506
8.4.1. Работа с графическими структурами двумерной графики	506
8.4.2. Работа с графическими структурами трехмерной графики	507
8.5. Применение графики пакета plots	509
8.5.1. Пакет plots и его возможности	509
8.5.2. Построение графиков функций в полярной системе координат	511
8.5.3. Импликативная графика	511
8.5.4. Построение графиков линиями равного уровня	512
8.5.5. График плотности	514

8.5.6. Двумерный график векторного поля	514
8.5.7. Трехмерный график типа <code>implicitplot3d</code>	515
8.5.8. Графики в разных системах координат	516
8.5.9. Графики типа трехмерного поля из векторов	518
8.5.10. Контурные трехмерные графики	518
8.5.11. Визуализация сложных пространственных фигур	519
8.5.12. Новая функция сравнения двух зависимостей от комплексного аргумента	522
8.6. Динамическая графика	523
8.6.1. Анимация двумерных графиков	523
8.6.2. Проигрыватель анимированной графики	524
8.6.3. Построение двумерных анимированных графиков	524
8.6.4. Построение трехмерных анимационных графиков	525
8.6.5. Анимация с помощью параметра <code>insequence</code>	526
8.7. Графика пакета <code>plottools</code>	527
8.7.1. Примитивы пакета <code>plottools</code>	527
8.7.2. Пример применения двумерных примитивов пакета <code>plottools</code>	527
8.7.3. Пример построения стрелок	527
8.7.4. Пример построения диаграммы Смита	529
8.7.5. Примеры применения трехмерных примитивов пакета <code>plottools</code>	529
8.7.6. Построение графиков из множества фигур	533
8.7.7. Анимация двумерной графики в пакете <code>plottools</code>	533
8.7.8. Анимация трехмерной графики в пакете <code>plottools</code>	534
8.8. Расширенные средства графической визуализации	535
8.8.1. Построение ряда графиков, расположенных по горизонтали	535
8.8.2. Конформные отображения на комплексной плоскости	535
8.8.3. Построение сложных фигур в полярной системе координат	537
8.8.4. Построение сложных фигур имплективной графики	538
8.8.5. Визуализация поверхностей со многими экстремумами	538
8.9. Визуализация решений уравнений и неравенств	540
8.9.1. Визуализация решения систем линейных уравнений	540
8.9.2. Визуализация решения систем неравенств	541
8.9.3. Иллюстрация итерационного решения уравнения $f(x) = x$	542
8.9.4. Визуализация ньютоновских итераций в комплексной области	544
8.10. Визуализация геометрических построений	544
8.10.1. Визуализация теоремы Пифагора	544
8.10.2. Визуализация построения касательной и перпендикуляра	545
8.10.3. Визуализация вычисления определенных интегралов	545
8.11. Расширенная техника анимации	547
8.11.1. Анимирование разложения функции в ряд Тейлора	547
8.11.2. Анимирование разложения импульса в ряд Фурье	547
8.11.3. Визуализация всех фаз анимации разложения импульса в ряд Фурье	549
8.11.4. Наблюдение кадров анимации поверхности	550
8.11.5. Иные формы применения функций анимации	551
8.12. Некоторые другие возможности графики	551
8.12.1. Смена осей координат, масштабирование и сдвиг графиков	551
8.12.2. Построение стрелок в пространстве	552
8.12.3. Построение сложных комбинированных графиков	552

8.12.4. Визуализация дифференциальных параметров кривых	554
8.12.5. Анимация колебаний мембраны	555
8.13. Визуализация поверхностей и параметров их полей	557
8.13.1. Визуализация экстремумов поверхности	557
8.13.2. Визуализация поля функции и вихрей	558
8.13.3. Визуализация поверхности и дивергенции ее поля	558
8.13.4. Визуализация теоремы Стокса	558
8.13.5. Визуализация поля электрических зарядов	560
8.14. Новые средства графики Maple 10	562
8.14.1. Новые средства двумерной графики в Maple 10	562
8.14.2. Новые средства трехмерной графики в Maple 10	562
8.14.3. Графические наброски в Maple 10	563

Глава 9. ПАКЕТЫ РАСШИРЕНИЯ MAPLE СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

9.1. Пакет планиметрии geometry	566
9.1.1. Набор функций пакета geometry	566
9.1.2. Пример применения расчетных функций пакета geometry	566
9.1.3. Визуализация геометрических объектов с помощью пакета geometry	567
9.2. Пакет стереометрии geom3d	571
9.2.1. Набор функций пакета geom3d	571
9.2.2. Пример применения пакета geom3d	571
9.3. Пакет функций теории графов networks	572
9.3.1. Набор функций пакета networks	572
9.3.2. Примеры применения пакета networks	572
9.3.3. Получение информации о графе	576
9.4. Математические пакеты расширения специального назначения	576
9.4.1. Инструментальный пакет для линейных рекуррентных уравнений — LREtools	576
9.4.2. Пакет функций дифференциальных форм diffforms	577
9.4.3. Пакет работы с тензорами tensor	577
9.4.4. Пакет Domains	579
9.4.5. Пакет алгебры линейных операторов — Ore_algebra	580
9.4.6. Пакет для работы с рациональными производящими функциями — genfunc	581
9.4.7. Пакет операций для работы с конечными группами — group	581
9.4.8. Пакет средств симметрии Ли — liesymm	581
9.4.9. Пакет команд для решения уравнений SolveTools	581
9.4.10. Пакет для работы с таблицами — Spread	581
9.4.11. Пакет линейных операторов LinearOperators	582
9.4.12. Пакет для работы с массивами ArrayTools	582
9.4.13. Пакет анализа ошибок научных вычислений ScientificErrorAnalysis	583
9.5. Пакеты расширения системного характера	583
9.5.1. Пакеты генерации кодов — codegen и CodeGeneration	583
9.5.2. Пакет создания контекстных меню context	584
9.5.3. Пакет организации многопроцессорной работы — process	584
9.5.4. Пакет поддержки стандарта MathML	585

9.5.5. Пакет XMLTools	586
9.5.6. Пакет StringTools для работы со строками	586
9.5.7. Пакет создания внешних программ ExternalCalling	586
9.5.8. Пакет работы с документами Worksheet	587
9.6. Пакет расширения Student Package	587
9.6.1. Состав пакета Student Package и его идеология	587
9.6.2. Подпакет линейной алгебры Linear Algebra	587
9.6.3. Средства визуализации векторных и матричных понятий	589
9.6.4. Визуализация метода наименьших квадратов	594
9.6.6. Подпакет вычислений для первокурсников Calculus1	596
9.6.7. Подпакет вычислений Precalculus	597
9.6.5. Другие возможности и особенности пакета Student Package	599
Глава 10. ТИПОВЫЕ СРЕДСТВА ПРОГРАММИРОВАНИЯ	600
10.1. Задание функций	600
10.1.1. Задание функции пользователя	600
10.1.2. Конструктор функций unapply	601
10.1.3. Визуализация функции пользователя	601
10.1.4. Импликативные функции	602
10.2. Управляющие структуры	603
10.2.1. Условные выражения	603
10.2.2. Циклы for и while	605
10.2.3. Вложенные циклы и задание с их помощью матриц	607
10.2.4. Упрощенная конструкция циклов	608
10.2.5. Операторы пропуска и прерывания циклов	608
10.3. Процедуры и процедуры-функции	609
10.3.1. Простейшие процедуры	609
10.3.2. Графические процедуры	610
10.3.3. Просмотр кодов процедур	610
10.3.4. Оператор возврата значения RETURN	612
10.3.5. Статус переменных в процедурах и циклах	612
10.3.6. Объявления переменных локальными с помощью оператора local	613
10.3.7. Объявления переменных глобальными с помощью слова global	613
10.3.8. Функция вывода сообщений об ошибках ERROR	614
10.3.9. Ключи в процедурах	615
10.3.10. Ключ remember	615
10.3.11. Ключ builtin	616
10.3.11. Ключ system	616
10.3.12. Ключи operator и arrow	617
10.3.13. Ключ trace	617
10.3.14. Ключ copyright	617
10.3.15. Общая форма задания процедуры	617
10.4. Средства отладки программ	618
10.4.1. Средства контроля и отладки процедур	618
10.4.2. Преобразование программных кодов	621
10.4.3. Работа с отладчиком программ	621
10.5. Файловые операции с программными модулями	623
10.5.1. Считывание и запись программных модулей	623
10.5.2. Создание своей библиотеки процедур	624

10.6. Программирование символьных операций	627
10.6.1. Реализация итераций Ньютона в символьном виде	627
10.6.2. Вычисление интеграла по известной формуле	629
10.6.3. Вложенные процедуры и интегрирование по частям	631
10.7. Дополнительные возможности Maple-языка	632
10.7.1. Переназначение определений	632
10.7.2. Модули	633
10.7.3. Макросы	634
10.7.4. Внешние вызовы	634
10.7.5. Вызов внешних процедур, написанных на языке C	635
10.8. Визуально-ориентированное программирование интерфейса	636
10.8.1. Вызов пакета Maplets	636
10.8.2. Примеры создания визуально-ориентированного интерфейса	636
10.8.3. Управление цветом	638
10.9. Моделирование <i>RLC</i> -цепи с применением маплет-интерфейса	639
10.9.1. Подготовка процедуры моделирования и тестового примера	639
10.9.2. Подготовка окна маплет-интерфейса	640
10.9.3. Организация связи между процедурой моделирования и маплет-интерфейсом	641
10.9.4. Моделирование <i>RLC</i> -цепи в окне маплет-интерфейса	642
10.10. Визуально-ориентированное проектирование маплетов в Maple 10	644
10.10.1. Ассистент по проектированию маплетов Maplet Builder	644
10.10.2. Пример проектирования маплета — окна с текстовой надписью	645
10.10.3. Пример проектирования маплета — окна с графиком функции	646
10.10.4. Справка по проектированию маплетов	646
Глава 11. MAPLE В МАТЕМАТИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ	648
11.1. Исследование и моделирование линейных систем	648
11.1.1. Демпфированная система второго порядка	648
11.1.2. Система с малым демпфированием под внешним синусоидальным воздействием	650
11.1.3. Слабо демпфированная система под воздействием треугольной формы	651
11.1.4. Слабо демпфированная система при произвольном воздействии	653
11.1.5. Улучшенное моделирование свободных колебаний	656
11.1.5. Улучшенное моделирование колебаний при синусоидальном воздействии	658
11.1.6. Улучшенное моделирование колебаний при пилообразном воздействии	659
11.1.7. Анализ и моделирование линейных систем операторным методом	661
11.2. Моделирование динамических задач и систем	664
11.2.1. Расчет траектории камня с учетом сопротивления воздуха	664
11.2.2. Движение частицы в магнитном поле	667
11.2.3. Разделение изотопов	669
11.2.4. Моделирование рассеивания альфа-частиц	671

11.3. Моделирование и расчет электронных схем	673
11.3.1. Нужно ли применять Maple для моделирования и расчета электронных схем?	673
11.3.2. Применение интеграла Дюамеля для расчета переходных процессов	673
11.3.3. Малосигнальный анализ фильтра-усилителя на операционном усилителе	675
11.3.4. Проектирование цифрового фильтра	677
11.3.5. Моделирование цепи на туннельном диоде	681
11.3.6. Моделирование детектора амплитудно-модулированного сигнала	684
11.4. Моделирование систем с заданными граничными условиями	687
11.4.1. Распределение температуры стержня с запрессованными концами	687
11.4.2. Моделирование колебаний струны, зажатой на концах	689
11.5. Моделирование в системе Maple + MATLAB	691
11.5.1. Выделение сигнала на фоне шумов	691
11.5.2. Моделирование линейного осциллятора	693
11.6. Моделирование эффекта Доплера	694
11.6.1. Визуализация волн от источника звука	694
11.6.2. Звуковые волны от неподвижного источника	695
11.6.3. Случай движения источника звука со скоростью, меньшей скорости звука	695
11.6.4. Случай движения источника звука со скоростью звука	696
11.6.5. Случай движения источника звука со скоростью, большей скорости звука	697
11.6.6. Случай движения источника звука с переменной скоростью	697
Список литературы	699