

В.К. Толстых

**Математическое
моделирование
в среде MATHCAD**

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1 ОСНОВЫ РАБОТЫ В СРЕДЕ MATHCAD	4
1.1. ГЛАВНОЕ МЕНЮ СИСТЕМЫ	4
1.2. УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТАМИ ИНТЕРФЕЙСА - ПОЗИЦИЯ VIEW ГЛАВНОГО МЕНЮ	6
1.3. РАБОТА С ФАЙЛАМИ - ПОЗИЦИЯ FILE ГЛАВНОГО МЕНЮ	6
1.4. ПОДМЕНЮ ДЛЯ РАБОТЫ С ОКНАМИ - WINDOW	7
1.5. ПРОСТЕЙШИЕ ПРИЕМЫ РАБОТЫ	7
1.6. РАБОТА С ФОРМУЛЬНЫМ РЕДАКТОРОМ	8
1.7. ОПЕРАЦИИ РЕДАКТИРОВАНИЯ - ПОЗИЦИЯ EDIT ГЛАВНОГО МЕНЮ	10
1.8. СОЗДАНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ГИПЕРССЫЛОК	10
1.9. ОСНОВЫ РАБОТЫ С БЛОКАМИ ДОКУМЕНТОВ	11
1.10. РАБОТА СО ВСТАВКАМИ - INSERT	12
1.11. РАБОТА С ГРАФИКАМИ	13
1.12. УСТАНОВКА ШАБЛОНА МАТРИЦ И ВЕКТОРОВ - MATRICES...	14
1.13. ОПЕРАЦИИ УСТАНОВКИ ФОРМАТОВ - FORMAT	15
1.14. УПРАВЛЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫМ ПРОЦЕССОМ - MATH	16
2 ВХОДНОЙ ЯЗЫК MATHCAD	17
2.1. РАБОТА С ПЕРЕМЕННЫМИ	18
2.2. РАБОТА С МАССИВАМИ, ВЕКТОРАМИ И МАТРИЦАМИ	20
2.3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФУНКЦИЙ С УСЛОВИЯМИ СРАВНЕНИЯ	21
2.4. РАБОТА С ФУНКЦИЯМИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ	22
3 ПРОГРАММИРОВАНИЕ В СРЕДЕ MATHCAD	25
3.1 ВВОД ПРОГРАММНЫХ ОПЕРАТОРОВ	25
3.2 ОБЗОР ПРОГРАММНЫХ ОПЕРАТОРОВ	26
3.3 ОПЕРАТОР ADD LINE	26
3.4 ОПЕРАТОР ВНУТРЕННЕГО ПРИСВАИВАНИЯ	26
3.5 ОПЕРАТОР СОЗДАНИЯ УСЛОВНЫХ ВЫРАЖЕНИЙ IF	26
3.6 ОПЕРАТОР FOR	27
3.7 ОПЕРАТОР WHILE	27
3.8 ОПЕРАТОР OTHERWISE	27
3.9 ОПЕРАТОР BREAK	27
3.10 ОПЕРАТОР CONTINUE	27
3.11 ОПЕРАТОР-ФУНКЦИЯ ВОЗВРАТА RETURN	27
3.12 ОПЕРАТОР ON ERROR И ФУНКЦИЯ ERROR	28
3.13 ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРИМЕРЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ	28
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ВСТРОЕННЫЕ ОПЕРАТОРЫ	31
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ВСТРОЕННЫЕ ФУНКЦИИ И КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА	35
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. ПЕРЕЧЕНЬ СООБЩЕНИЙ ОБ ОШИБКАХ	48
ПРИЛОЖЕНИЕ 4. СИСТЕМНЫЕ ПЕРЕМЕННЫЕ MATHCAD	50
ПРИЛОЖЕНИЕ 5. ПРИМЕРЫ КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ	51

ВВЕДЕНИЕ

Данное пособие предназначено для студентов, не имеющих навыков работы в среде MathCAD под Windows. Пособие носит характер не только методический, но и справочный. Приводится перечень всех операторов, функций, ключевых слов, системных переменных и сообщений об ошибках. Поэтому пособие может использоваться как справочник по MathCAD.

Пособие построено следующим образом. Дается краткое описание математической системы MathCAD, включая примеры. В описании MathCAD не рассматриваются операторы для работы с файлами и операторы символьной математики для аналитических вычислений выражений.

При оформлении отчетов по лабораторным работам студенты должны придерживаться следующих правил:

1. Отчет оформлять средствами MathCAD;
2. Отчет должен содержать номер лабораторной работы, её название, фамилию исполнителя, группу;
3. Содержание отчета должно включать расчетные формулы с комментариями, необходимые выводы результатов и графики;

При сдаче лабораторной работы студент обязан не только хорошо разбираться в приведенных расчетах, но и знать ответы на все контрольные вопросы, список которых имеется в конце каждого задания.

1 ОСНОВЫ РАБОТЫ В СРЕДЕ MathCAD

В простейшем случае работа с системой MathCAD сводится к подготовке в окне редактирования задания на вычисления и – к установке форматов для их результатов. Общение пользователя с системой MathCAD происходит на некотором промежуточном математически ориентированном языке. Этот язык настолько приближен к обычному математическому языку описания вычислительных задач, что практически не требует их программирования. Мы начнем знакомство с системой MathCAD с внешнего интерфейса.

1.1. Главное меню системы

Верхняя строка окна системы содержит указание на имя системы и текущего открытого окна. Следующая строка содержит следующие позиции главного меню (рис.1.1):

- File** — работа с файлами, сетью Internet и электронной почтой;
- Edit** — редактирование документов;
- View** — включение/выключение элементов интерфейса;

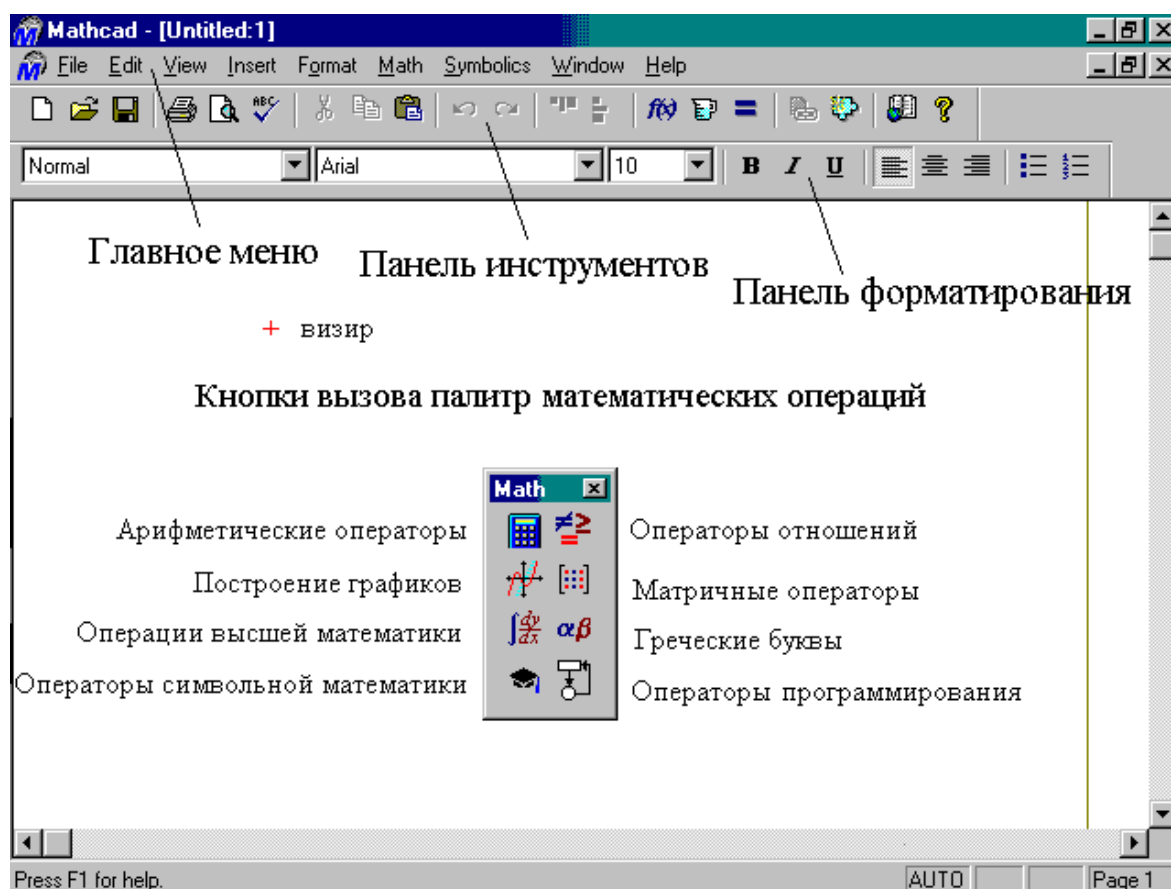


Рис. 1.1. Вид экрана с системой MathCAD

Insert	— установка вставок объектов и их шаблонов (включая графику);
Format	— изменение формата (параметров) объектов;
Math	— управление процессом вычислений;
Graphics	— работа с графическим редактором;
Symbolic	— выбор операций символьного процессора;
Window	— управление окнами системы;
Books	— работа с электронными книгами;
Help	— работа со справочной базой данных о системе.

Работа с документами MathCAD обычно не требует обязательного использования возможностей главного меню, т.к. основные из них дублируются кнопками быстрого управления. Для вывода заготовок — шаблонов математических знаков (цифр, знаков арифметических операций, матриц, знаков интегралов, производных и т. д.) используются перемещаемые наборные панели (в оригинале **Palletes** — палитры) — рис.1.2. С их помощью можно вводить в документы практически все известные математические символы и операторы.

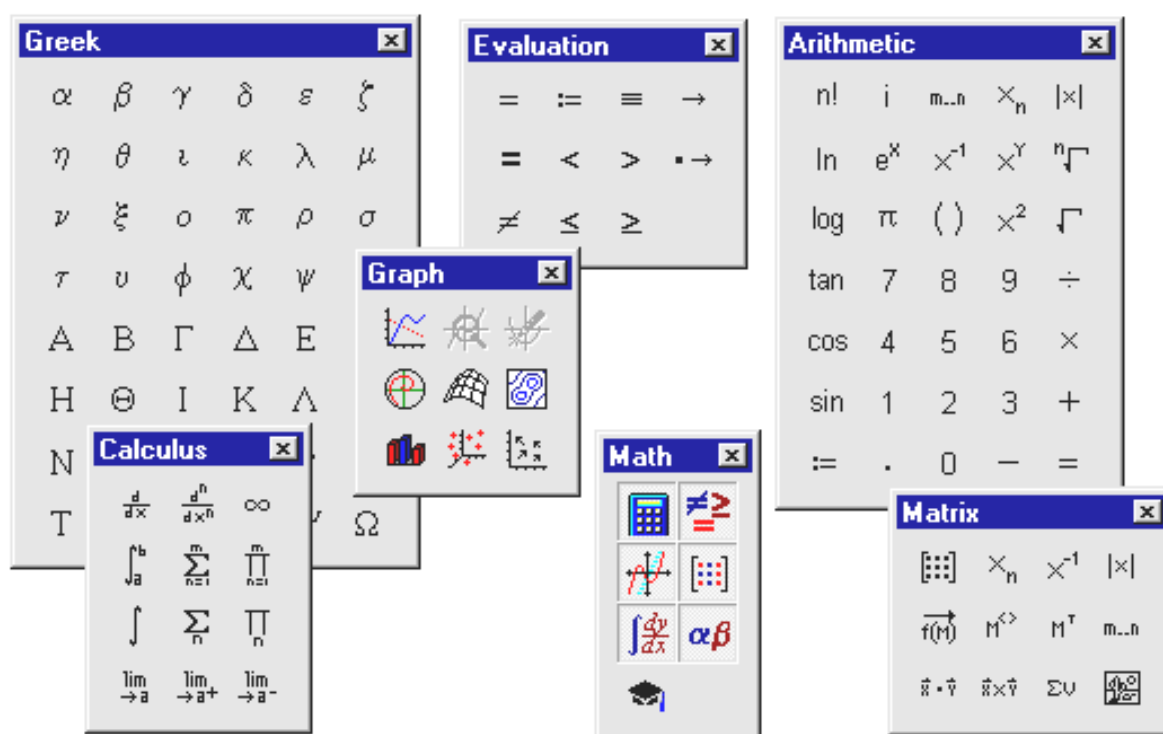


Рис. 1.2 Палитры математических символов и некоторых операторов

1.2. Управление элементами интерфейса - позиция View главного меню

Операции в подменю **View** главного меню, позволяют управлять выводом или устранением дополнительных элементов пользовательского интерфейса:

Toolbar	— убирает или вставляет панель с кнопками инструментов для быстрого управления системой;
Format Bar	— убирает или вставляет панель форматирования;
Math Pallete	— убирает или выводит панель вывода палитр математических символов;
Regions	— выделяет все области и обеспечивает закраску промежутков между ними серым цветом;
Zoom	— выводит окно со списком возможных масштабов;
Refresh	— устраняет искажения изображения на экране дисплея;
Animation	— позволяет готовить анимационные графики;
Playback	— выводит проигрыватель анимационных файлов.

1.3. Работа с файлами - позиция File главного меню

Подменю **File** содержит ряд операций, разбитых на группы. В первую группу входят следующие операции по работе с документами:

New Ctrl+N	— открыть пустое окно для нового документа;
Open... Ctrl+O	— вывести окно поиска файлов документов и загрузить нужный документ;
Close	— закрыть текущий документ.

Вторая группа команд служит для сохранения документов:

Save F6	— сохранить на диске текущий документ;
Save as... Ctrl+S	— открыть окно для поиска каталога, задания имени и типа файла, в виде которого документ будет записан в выбранном каталоге.

Третья группа команд служит для телекоммуникации:

Collaboratory...	— установить связь с фирмой, разработчиком системы для обеспечения совместной работы над документами;
Internet Setup...	— установить модемную связь с сетью Internet;
Send...	— отправить документ по электронной почте.

Четвертая группа команд служит для печати документов:

Page Setup...	— установить отступы на странице;
Print Preview...	— предварительно просмотреть документ перед печатью;
Print document... (Ctrl+O)	— распечатать документ.

Последняя из этих операций позволяет распечатать весь текст документа с комментариями, математическими формулами, таблицами и

графиками. Печать производится принтерами в графическом режиме в соответствии с установками, принятыми в Windows.

Пятая группа представлена командой

Exit (Alt+F4) — выйти из среды MathCAD.

Перед этой командой в подменю **File** имеется перечень последних файлов, с которыми работала система. Он позволяет загрузить любой из этих файлов без предварительного поиска.

1.4. Подменю для работы с окнами - Window

MathCAD позволяет одновременно работать со многими задачами. Под каждую задачу она отводит свое окно. Основные операции с окнами сосредоточены в позиции **Window** главного меню:

Cascade — расположить окна документов друг под другом;

Horizontal — расположить окна документов горизонтально;

Vertical — расположить окна документов вертикально;

При этом возможен обмен блоками документов через буфер обмена.

1.5. Простейшие приемы работы

Общение пользователя с системой MathCAD происходит на языке **визуального программирования**. Многие математические записи в этом языке вводятся просто выводом шаблонов соответствующих операторов (см. Приложение 1) и функций (см. Приложение 2).

Операторы — это специальные символы, указывающие на выполнение тех или иных операций над данными — **операндами**. Последние могут быть представлены константами или переменными — объектами с именами, хранящими данные определенного типа и значения. Наиболее известны арифметические операторы, например, сложения +, вычитания -, умножения *, деления /, вычисления квадратного корня \, возведение в степень ^. Полный перечень операторов и вводящих их комбинаций клавиш дан в Приложении 1. Напоминаем, что операторы могут вводиться и с помощью наборных панелей.

Функция — объект входного языка, имеющий имя и параметры, указываемые в круглых скобках. Имя функции отождествляется с соответствующей математической функцией — например **sin(x)**. Полный перечень встроенных (внутренних) функций дан в Приложении 2.

Операторы и функции используются для создания **математических выражений** — формул, которые могут вычисляться в численном или символьном виде. Возможность их аналитического преобразования — важная черта систем MathCAD под Windows.

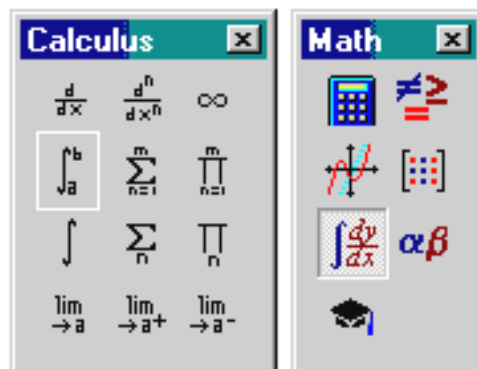
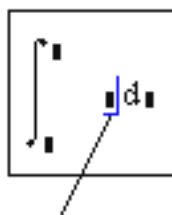
С **переменными** связано понятие **присваивания** им значений. Символ **:=** — присваивание. Знак равенства интерпретируется в математических выражениях по контексту. Например, $x = y$ либо означает присвоение

переменной x значения ранее определенной переменной y , либо означает просто факт логического равенства значения x значению y . Для обозначения отношения величин x и y как равенства используется жирный знак равенства $=$. В седьмой версии MathCAD знак $=$ допустимо применять и как знак присваивания. Система автоматически заменяет его на знак $:=$ при первой операции присваивания. Например, если вы введете в первый раз $x = 2$, то система представит это в виде $x := 2$. Необходимо отметить, что для ввода знака $:=$ используется клавиша с двоеточием (:).

1.6. Работа с формульным редактором

Фактически система MathCAD интегрирует в себе три редактора: формульный, текстовый и графический. Для запуска формульного редактора достаточно установить курсор мыши в любом свободном месте окна редактирования и щелкнуть левой клавишей. Появится визир в виде маленького красного крестика (см. рис.1.1). Визир не нужно путать с курсором мыши. Визир указывает место, с которого можно начинать набор формул. В зависимости от места расположения визир может менять свою форму. Так в области формул визир превращается в синий уголок, указывающий направление и место ввода.

Допустим, мы желаем вычислить определенный интеграл. Для этого вначале нужно вывести панель операторов математического анализа. Затем следует установить визир в то место экрана, куда выводится шаблон, и на панели сделать активной пиктограмму с изображением знака определенного интеграла. Все это показано на рисунке. В шаблоне интеграла имеется четыре позиции в виде небольших черных квадратов: для ввода верхнего предела интегрирования, для ввода нижнего предела интегрирования, для задания подынтегральной функции и для указания имени переменной, по которой идет интегрирование.



После ввода, установив знак равенства после полученного выражения, можно сразу увидеть результат вычисления интеграла - см. рис. 1.3. На этом рисунке показаны примеры вычисления и других выражений. При задании сложных вычислений работа системы может быть долгой. Для прерывания работы можно нажать клавишу Esc. После прерывания можно возобновить работу, нажав клавишу F9 или сделав активной пиктограмму с изображением жирного знака равенства (рис. 1.1).

На рис. 1.3 полезно обратить внимание на еще один характерный пример — вычисления предела функции $\sin(x)/x$ при x , стремящемся к

нулю. Попытка вычисления такого выражения с применением оператора = окончилась неудачно. MathCAD сообщает об ошибке (перечень сообщений об ошибках дан в Приложении 3). Однако, если использовать специальный оператор вывода результатов в символьной форме в виде стрелки (в палитре символьных операций), то данная операция будет выполнена.

Если мы хотим создать ранжированную переменную с именем J, имеющую значения от 1 до 5, с шагом 1 придется набрать:

J: 1 ; 5

На экране дисплея в текущем окне появится:

J:= 1 .. 5

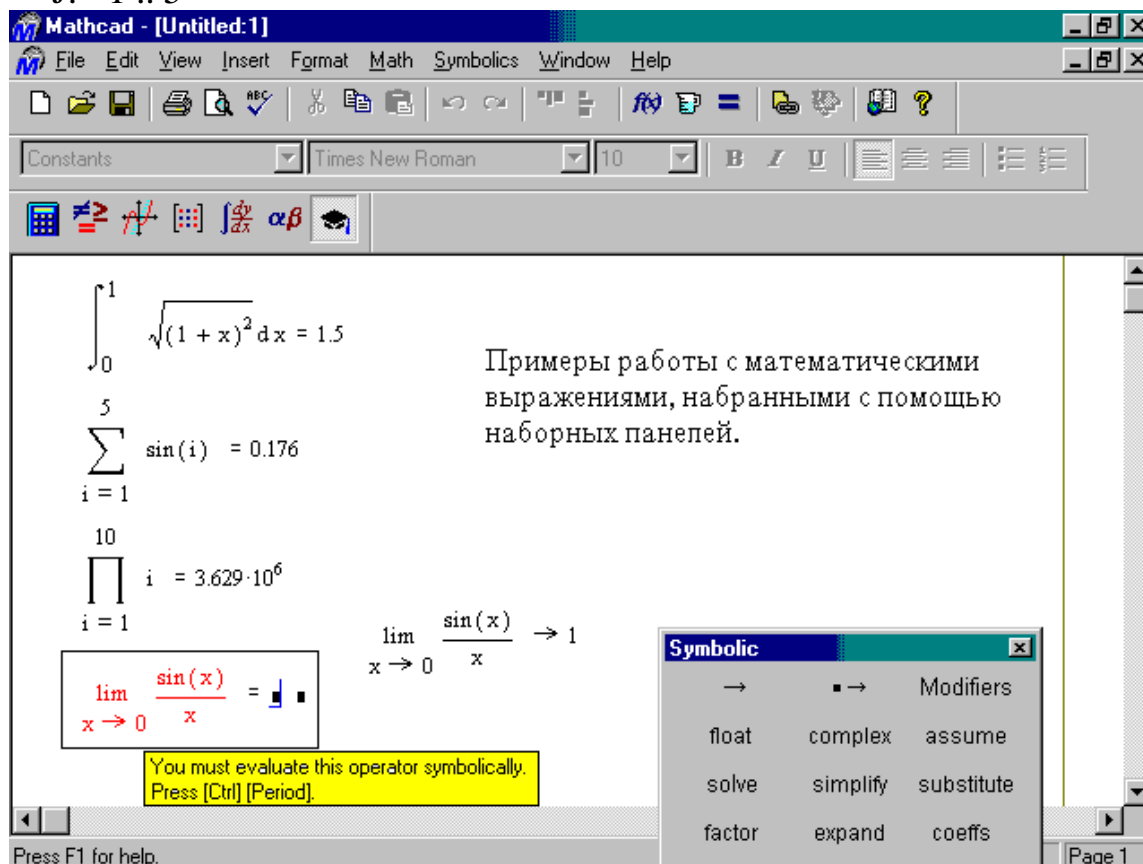


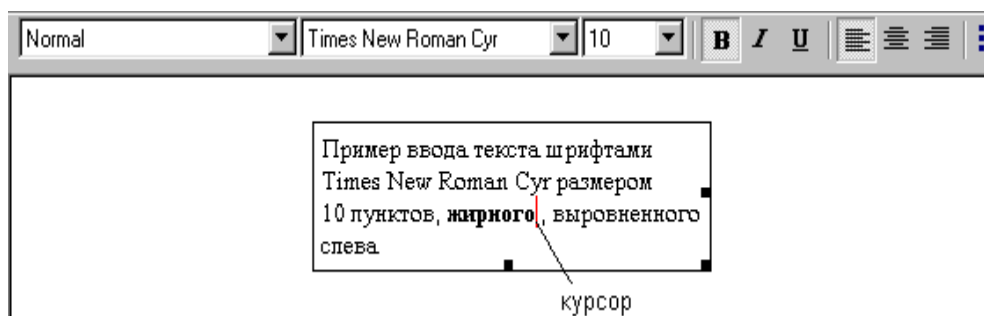
Рис. 1.3. Пример ввода и вычисления выражений

Здесь клавиша, содержащая точку с запятой (;), вводит символ перечисления значений «от—до» в виде двух точек (..). Этот прием определяет следующие значения скалярной переменной J: 1,2, 3, 4, 5. Такие переменные широко применяются при создании векторов и матриц, построении графиков и т. д.

Текстовый редактор позволяет задавать текстовые комментарии. Они делают документ с формулами и графиками более понятным. Для ввода текстового редактора необходимо выбрать пункт **Text Region** в меню **Insert** или, просто, ввести двойную кавычку. В появившийся прямоугольник можно вводить текст. Текст редактируется общепринятыми средствами — перемещением места ввода клавишами; управления курсором, установкой режимов вставки и замещения символов (клавиша Insert), стиранием

(клавиши Del и Backspace), выделением, копированием в буфер, вставкой из буфера и т. д. '

Следует



отметить, что изменение параметров и типов шрифтов для определенных объектов (переменных или констант) действует для них глобально. Так, если увеличить размеры обозначения какой-либо переменной, то все обозначения других переменных тоже будут увеличены.

Многие из операций редактирования используют буфер обмена (Clipboard). Важной при редактировании является возможность выделения блоков целиком или в виде отдельных фрагментов. Выделенный текст помещается на темном фоне. Далее его можно перемещать курсором мыши, удалять и т.д.

1.7. Операции редактирования - позиция Edit главного меню

Позиция **Edit** главного меню выводит подменю с операциями:

Undo (Alt+BkSp)	— отменить последнюю операцию редактирования;
Redo	— повторить последнюю операцию редактирования;
Cut (Ctrl+X)	— переместить выделенное в буфер Clipboard;
Copy (Ctrl+C)	— скопировать выделенное в буфер Clipboard;
Paste (Ctrl+V)	— вставить выделенное из буфера Clipboard;
Paste Special...	— вставить выделенное из буфера Clipboard в различном формате (в формате MathCAD или Rtf, например);
Delete (Ctrl+D)	— стирание выделенных объектов;
Select All	— выделение всех объектов документа;
Find... (Ctrl+F5)	— найти заданную текстовую или математическую строку;
Replace... (Shift+F5)	— найти и заменить математическую или текстовую строку;
Go to Page...	— расположить начало указанной страницы в начале рабочего документа MathCAD;
Check Speling	— проверка орфографии англоязычных документов;
Links...	— задание связи OLE с документом;
Object	— редактирование вставленного OLE объекта.

1.8. Создание и применение гиперссылок

В современных электронных книгах и в документах сети Internet широко используются гиперссылки. Их разновидностью являются гипертекстовые ссылки. Гипертекстовая ссылка — это выделенное слово или

фраза, активизация которой вызывает переход к какому-либо объекту, — например, к новому документу или к файлу. Гиперссылки позволяют организовать не просто линейные, а произвольные переходы от одного объекта к другому.

Гипертекстовые ссылки в MathCAD имеют вид подчеркнутых снизу слов или фраз. Они организуются просто. Вначале текст ссылки выделяется, а затем нажимается кнопка инструментальной панели Insert Hyperlink. В появившемся простом окне нужно указать полное (с путем) имя файла, который будет загружаться, и отображаться в момент активизации фрагмента - гиперссылки. Можно также задать сообщение об ошибке, если файл не будет найден.

С помощью гиперссылок можно готовить в среде MathCAD электронные учебники и книги высокого качества, имеющие множество разделов, качественные тексты с разнообразными выделениями, математические формулы и графики. Важно отметить, что такие учебники являются «живыми» — все примеры в них работают и их можно использовать с различными исходными данными, задаваемыми пользователями.

1.9. Основы работы с блоками документов

Документ MathCAD состоит из отдельных блоков. Они могут быть различного типа: тексты (комментарии), формулы, графики, таблицы и т. д. Каждый блок занимает в текущем окне определенную область прямоугольной формы. Блоки исполняются строго последовательно - слева направо и сверху вниз. Все это есть следствие работы системы в интерпретирующем режиме.

Для выделения областей нескольких блоков поместите курсор мыши в нерабочую часть экрана и нажмите ее левую клавишу. Перемещая мышью по диагонали при удержанной нажатой клавише мыши, добейтесь, чтобы в выделение попало несколько объектов — формул, таблиц, графиков. Все они тут же окажутся обведенными прямоугольниками из пунктирных линий. Эти прямоугольники являются границами областей объектов. Несколько выделенных таким образом объектов образуют блок выделенных объектов. Он ведет себя как единое целое — может перемещаться мышью, копироваться в буфер и стираться.

Используя кнопки быстрого задания команд вырезки (Cut или Ctrl+X), копирования и вставки (**Copy** Ctrl+C и **Paste** Ctrl+V), можно перенести выделенные блоки в **буфер** Clipboard и поместить их на новое место, указанное курсором мыши. Это дает возможность быстрого наведения порядка с блоками. При этом возможен перенос блоков из одного документа в другой, для чего нужно держать частично открытыми окна документов.

Доступная область окна редактирования по горизонтали превышает видимую область на экране. При этом область окна делится длинной линией на две части, левую и правую. Горизонтальными линиями документ делится на страницы. Можно разместить некоторые вспомогательные вычисления в

правой, невидимой, части окна, а в левую, видимую, вынести задание исходных данных и вывод результатов расчетов. Этот прием часто используется в пакетах применения системы, а также в учебно-демонстрационных программах.

1.10. Работа со вставками - Insert

Установка любого объекта в окно редактирования называется **вставкой** (Insert). MathCAD реализует различные механизмы вставки — от просто вывода шаблона объекта до вставки объекта с помощью связывания с приложением, создавшим объект (технология OLE). При активизации позиции **Insert** главного меню появляется подменю со следующими операциями:

Graph	— вставка шаблонов графики с выбором из подменю;
Matrix ... (Ctrl+M)	— вставка шаблонов матриц и векторов;
Function... (Ctrl+F)	— вставка шаблонов встроенных функций;
Unit... (Ctrl+U)	— вставка единиц измерений размерных величин;
Picture (Ctrl+T)	— вставка шаблона импортируемого рисунка;
Math Region	— вставка в текстовую область шаблона математической области для создания неисполняемого комментария;
Text Region	— вставка текстовой области;
Page Break	— вставка линии обрыва страницы (горизонтальная черта);
Hyperlink	— вставка гиперссылки на URL или файл;
Reference...	— вставка обращения к заданному файлу активизацией кнопки;
Component...	— вставка компонентов (например, математической системы MatLAB, Excel, Axum и др.);
Object...	— вставка объекта с установлением динамической связи с порождающим его приложением.

Наиболее общим видом вставки является вставка произвольного объекта с помощью операции **Object...** При этом объектом вставки может быть все, что угодно, например документ текстового редактора Word, рисунок, анимационный клип и т. д. При этом реализуется объектная связь OLE. Порождающее объект приложение выбирается из списка приложений, имеющих такую связь с MathCAD. При активизации пиктограммы такой ссылки (двойной щелчок левой клавиши мыши) запускается приложение, порождающее выбранный объект, теперь объект можно редактировать с помощью этого приложения.

1.11. Работа с графиками

Для создания графиков в системе MathCAD имеется программный! графический **процессор**. Для построения графиков используются шаблоны. Их перечень содержит подменю **Graph** в позиции **Insert** главного меню:

X-Y Plot (@) — создать шаблон двумерного графика в декартовой системе координат;

Polar Plot (Ctrl+7) — создать шаблон графика в полярных координатах;

Surface Plot (Ctrl+2) — создать шаблон для построения трехмерного графика;

Contour Plot (Ctrl+5) — создать шаблон для контурного графика трехмерной поверхности;

3D Scatter Plot — создать шаблон для графика в виде точек (фигур) в трехмерном пространстве;

Vector Field Plot — создать шаблон для графика векторного поля;

3D Bar Chart — создать шаблон для изображения в виде совокупности столбиков в трехмерном пространстве.

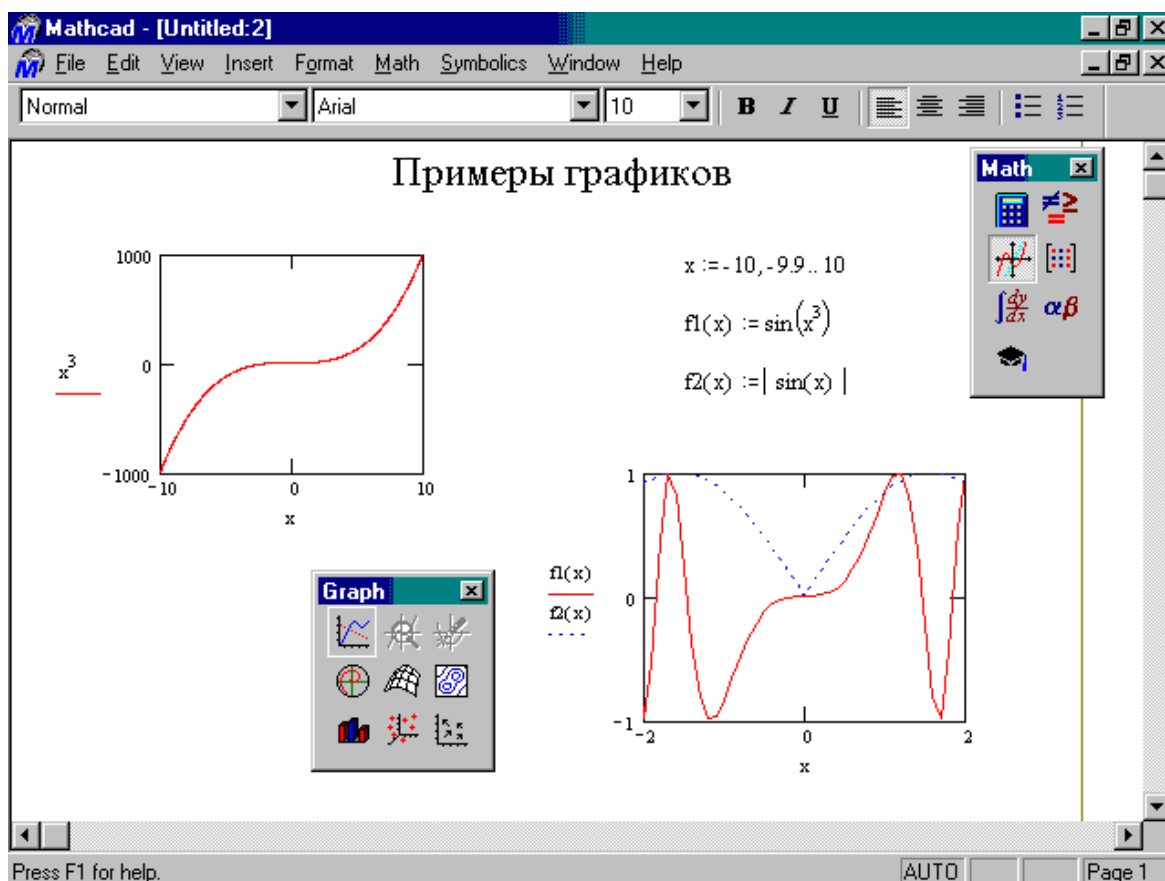


Рис. 1.4. Два примера построения графиков

Графики любого вида, как любые объекты документа можно выделять, заносить в буфер обмена, вызывать их оттуда и переносить в любое новое место документа. Их можно и просто перетаскивать с места на место курсором мыши, а также растягивать по горизонтали, по вертикали и по

диагонали, цепляясь за специальные маркеры выделенных графиков курсором мыши.

Есть два способа построения наиболее распространенных графиков в декартовой системе координат. В первом, наиболее простом способе, достаточно ввести выражение, описывающее некоторую функцию $f(x)$, а затем вывести шаблон **X-Y Plot** с помощью меню или ввода символа **@**. Появится шаблон графика с заданной функцией. Остается ввести имя переменной x по оси X и вывести курсор мышки из области графика, и он будет построен. Так построен первый график на рис. 1.4.

Для второго способа нужно вначале задать ранжированную переменную, например x , указав диапазон ее изменения и шаг. Шаг d задается указанием начального значения переменной x_0 , а затем через запятую значение x_0+d . После этого через две точки (клавиша **;**) указывается конечное значение x — см. рис.1.4. Далее надо задать соответствующие функции и вывести шаблон двумерного графика.

В средние шаблоны данных нужно поместить имя переменной (x – оси абсцисс) и имена функций (y – оси ординат). Если строятся графики нескольких функций в одном шаблоне, то для их разделения следует использовать запятые. Крайние шаблоны данных служат для указания предельных значений абсцисс и ординат, т. е. они задают масштабы графика. Если оставить эти шаблоны незаполненными, то масштабы по осям графика будут устанавливаться автоматически.

Для последующего редактирования графика необходимо в его области дважды щелкнуть левой клавишей мыши.

1.12. Установка шаблона матриц и векторов - **Matrices...**

Операция **Matrices...** (Матрицы) обеспечивает задание векторов или матриц. MathCAD использует одномерные массивы — векторы и двумерные — собственно матрицы.

Матрица характеризуется числом строк **Rows** и числом столбцов **Columns**. Элементами матриц могут быть числа, константы, переменные и даже математические выражения. Если активизировать операцию **Matrices...**, то появится небольшое окошко, позволяющее задать число строк и столбцов матрицы (см. рис.1.5). Нажав клавишу **Enter** или указав курсором мыши на изображение клавиши **Insert** (Вставить) в окошке, можно вывести шаблон матрицы или вектора.

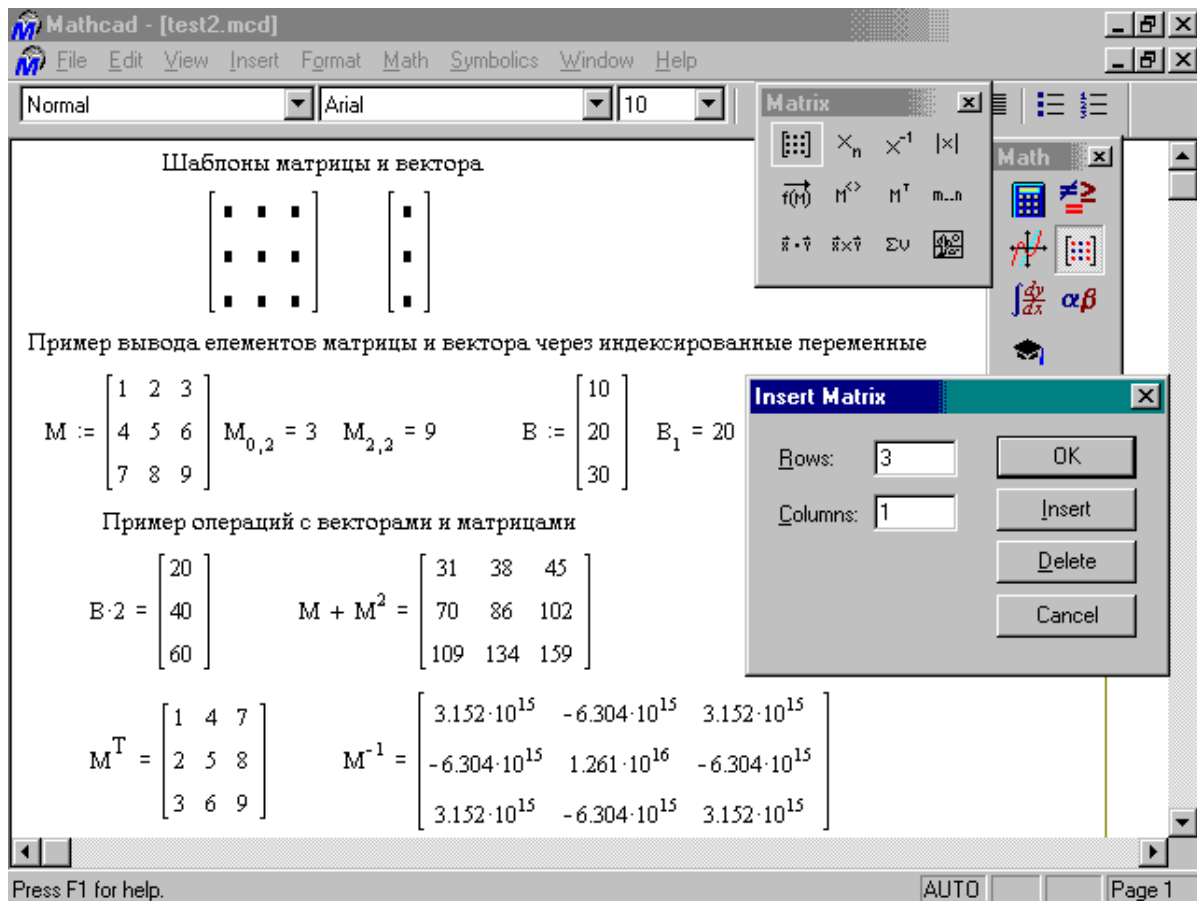


Рис. 1.5. Создание векторов и матриц

Шаблон содержит обрамляющие скобки и темные маленькие прямоугольники, обозначающие места ввода числовых или символьных значений. Если использовать операцию **Insert** (Вставить) при уже выведенном шаблоне матрицы, то матрица расширяется и ее размер увеличивается на указанное число строк и столбцов. Кнопка **Delete** (Стирание) позволяет убрать расширение матрицы.

Каждый элемент матрицы можно рассматривать как значение индексированной переменной, целочисленные значения индексов которой определяют положение элемента в матрице, а именно: один указывает номер строки, другой — номер столбца. Для набора индексированной переменной сначала нужно ввести ее имя, а затем перейти к набору индексов нажатием клавиши, вводящей символ $[$. Прежде указывается индекс строки, а затем через запятую индекс столбца. Нижняя граница индексов задается значением системной переменной **ORIGIN**. По умолчанию ее значение равно 0.

1.13. Операции установки форматов - Format

Под форматом объектов подразумевается некоторый набор их характеристик — размеры изображения объекта на экране, размера и стиль символов математических выражений и текстовых комментариев, установки цвета и т. д. Подменю **Format** имеет следующие позиции:

Number...	—	установка формата чисел;
Equation...	—	установка формата выражений;
Text...	—	установка формата текста;
Paragraph...	—	установка формата параграфа;
Style...	—	установка формата стиля;
Properties...	—	установка свойств;
Graph	—	установка формата графиков;
Color	—	установка цветов объектов;
Separate Region	—	разделение областей (блоков) для устранения их перекрытия;
Align Region	—	задание расположения областей вывода символьных вычислений;
Lock Region	—	создание закрытых (недоступных для редактирования) областей;
Header/Footer...	—	создание колонтитулов (надписей на каждой странице, видимых при их распечатке).

1.14. Управление вычислительным процессом - Math

Позиция Math главного меню обеспечивает управление вычислительным процессом системы MathCAD. В ней можно задать следующие операции:

Calculate (F9)	—	пускает вычисления при отключенном режиме автоматических вычислений с места, на котором находится маркер мыши;
Calculate Worksheet	—	пускает вычисления при отключенном режиме автоматических вычислений, начиная от начала и до конца документа;
Automatic Calculation	—	устанавливает режим автоматических вычислений по мере просмотра документа (включен по умолчанию);
Optimize...	—	включает оптимизацию вычислений;
Options...	—	задает опции вычислительных процессов.

Операция оптимизации включает специальный оптимизирующий процессор, который пытается заменить хотя бы часть вычислений по численным методам вычислениями в символьном виде.

Операция **Options** выводит подменю для установки следующих опций:

Built-in Variables...	—	установка значений встроенных (системных) переменных, см. Приложение 4;
Units System	—	установка систем измерения физических величин;
Dimension	—	установка размерности физических величин.

2 ВХОДНОЙ ЯЗЫК MathCAD

При решении многих задач в MathCAD вполне достаточно описать алгоритм решения задач так же, как в математической литературе. Это достигнуто за счет работы пользователя с промежуточным математически ориентированным языком описания задач, который мы будем называть входным. Это важный аспект для **общей визуализации** вычислений, когда в наглядном и понятном виде не только выводятся результаты вычислений, но и задаются данные для них и описываются этапы решения задач.

Алфавит MathCAD:

малые и большие латинские буквы, малые и большие греческие буквы, арабские цифры от 0 до 9, идентификаторы системных переменных, специальные знаки — операторы, имена встроенных функций, спецзнаки, малые и большие буквы кириллицы (при работе с русифицированными шрифтами),

Константы —

поименованные объекты, значения которых заведомо предопределены в системе. MathCAD имеет следующие типы констант:

- целочисленные константы;
- вещественные числа с мантиссой и порядком;
- восьмеричные и шестнадцатеричные числа;
- комплексные числа $Z = \text{Re}Z + i \cdot \text{Im}Z$, где $\text{Re}Z$ — действительная часть комплексного числа Z , $\text{Im}Z$ — его мнимая часть;
- системные константы, хранящие определенные параметры системы (см. Приложение 4);
- строковые константы — любые цепочки символов, заключенные в кавычки, например "string", "2+3" (арифметические выражения в строковых константах рассматриваются как текст и не вычисляются);
- единицы измерения физических величин.

Знак умножения * при выводе числа на экран меняется на привычную математикам точку, а операция возведения в степень (с применением спецзнака ^) отображается путем представления порядка в виде надстрочного числа.

Для проведения физических расчетов с соответствующим преобразованием размерных величин в системе MathCAD может применяться особый вид констант — единицы измерения размерных величин. Помимо своего числового значения они характеризуются еще и указанием на то, к какой физической величине они относятся. Для этого указания используется символ умножения.

Например, по умолчанию, тригонометрические функции работают с углами, выраженными в радианах. Чтобы углы вводить в градусах необходимо их умножать на единицу измерения **deg** (degrees – градусы).

Единицу измерения после знака умножения можно вставить или «вручную» или через главное меню **Insert-Unit** (Ctrl+U) -Degrees – кнопка Insert.

$$\sin\left(\frac{\pi}{6}\right) = 0.5 \quad \sin(30 \cdot \text{deg}) = 0.5$$

Переменные —

поименованные объекты, которым можно присваивать различные значения. Имена констант, переменных и иных объектов называют **идентификаторами**. В системе MathCAD тип переменной определяется ее значением, переменные могут быть числовыми, строковыми, символьными и т. д. Поэтому тип переменной предварительно не задается.

Идентификаторы в системе MathCAD могут иметь практически любую длину. При их задании можно использовать латинские и греческие буквы, а также цифры. Однако начинаться идентификатор может только с буквы. Пробелы в идентификаторах вводить нельзя, но допустимо применение некоторых спецсимволов (например, знак объединения _). Малые и большие буквы в идентификаторах различаются.

Операторы —

элементы языка, с помощью которых можно создавать математические выражения. После указания операндов (аргументов соответствующих операций) операторы становятся исполняемыми программными блоками.

2.1. Работа с переменными

Основным оператором присваивания является знак $:=$, вводимый двуеточием. Если переменной присваивается начальное значение с помощью данного оператора (или в первый раз с помощью оператора $=$), такое присваивание называется **локальным присваиванием**. До этого присваивания переменная не определена и ее нельзя использовать. Однако с помощью знака \equiv можно обеспечить **глобальное присваивание**, т. е. оно может производиться в любом месте документа. Использование **незаданной** переменной ошибочно. Статус присваивания не следует путать со статусом самих переменных. Все переменные, описанные выше, являются **глобальными**. **Локальные** переменные в системе MathCAD содержатся в телах функций пользователя и внешних процедурах и функциях.

Переменные, как и константы, могут быть размерным. Заметим, что идентификатор размерности может быть переопределен как обычная переменная. Проведение расчетов с размерными величинами и переменными особенно удобно при решении различных физических задач. При этом правильная размерность результата является дополнительным фактором, свидетельствующим о корректности таких расчетов.

$$\text{Работа } A := 5 \cdot N \cdot 2 \cdot m \quad A = 10 J$$

В математике часто возникает необходимость в задании некоторого ряда значений — чаще всего упорядоченного. Для создания таких рядов в MathCAD используются так называемые **ранжированные переменные**. Иногда они заменяют управляющие структуры — циклы, но полноценной такая замена не является. В частности потому, что не предусмотрен выбор любого значения ранжированной временной (однако это возможно у векторов).

В самом простом случае для создания ранжированной переменной используется выражение:

$$\text{Name} := N_{\text{нач}} .. N_{\text{кон}},$$

где **Name** — имя переменной, $N_{\text{нач}}$ — ее начальное значение, $N_{\text{кон}}$ — конечное значение, $..$ — символ, указывающий на изменение переменной в заданных пределах (он вводится знаком точки с запятой ;). Если $N_{\text{нач}} < N_{\text{кон}}$, то шаг изменения переменной будет равен +1, в противном случае -1.

Для создания ранжированной переменной общего вида используется выражение:

$$\text{Name} := N_{\text{нач}}, N_{\text{след}} .. N_{\text{кон}}$$

Здесь $N_{\text{след}}$ — значение переменной, следующее за $N_{\text{нач}}$ и задающее шаг изменения переменной.

Знак равенства после любого выражения с ранжированными переменными иницирует **таблицу** вывода. Несколько таких таблиц показано на рис.2.1. Числа в таблицах можно задавать в требуемом формате с помощью операций задания формата чисел — Precision — число знаков после точки, которое регулируется через меню Math-Options.

Важно отметить, что, в сущности, задание ранжированных переменных эквивалентно заданию конечных **циклов**. Сами ранжированные переменные являются множествами значений. Привыкшие к обычному программированию пользователи часто забывают, что ранжированная переменная **не** скалярная величина и **не** вектор.

Системные переменные в MathCAD имеют заранее определенные начальные значения, установленные в меню Math-Options (см. Приложение 4). Они могут быть в дальнейшем изменены присваиванием им новых значений. Однако рекомендуется этого не делать во избежание ошибок двойного истолкования таких переменных. Например, переменная TOL задает погрешность вычислений при реализации численных методов. Если задать ее равной 0.001, то гарантии в правильности цифр, начиная с четвертого знака после десятичной точки нет.

Логические переменные и выражения могут принимать значение 0 (ложь) или 1 (истина), которые совпадают со значениями числовых констант 0 и 1. Логические операции вводятся при помощи наборной панели «Boolean Toolbar».

2.2. Работа с массивами, векторам и матрицами

Самые распространенные одномерные и двумерные массивы называются **векторами** и **матрицами**. Массивы могут содержать как числовые, так и символьные данные.

В MathCAD массив задается именем, как и любая переменная. Однако он имеет ряд элементов с определенным порядком расположения. Порядковый номер элемента задается индексом. Нижняя граница индексации определяется значением системной переменной **ORIGIN**, которая, по умолчанию, равна 0.

Таким образом, элементы массива являются **индексированными переменными**, имена которых совпадают с именами матриц. Это значит, что помимо имени такие переменные имеют подстрочный индекс, который вводится с помощью ввода знака [. Опасно путать индексированные переменные —

Индексированная переменная:	I_5
Переменная с индексом в имени:	I_5

элементы векторов или матриц со скалярными переменными с **индексом в имени** переменной. Подобные индексы вводятся с помощью ввода точки, причем синий уголок маркера ввода при этом охватывает все имя, а не только область ввода индекса. Пожалуй, лучше отказаться от переменных с индексом в имени.

В матрице для каждой индексированной переменной указываются два индекса, один для номера строки, и через запятую, — другой для номера столбца. Индексы могут иметь только целочисленные значения.

Вектор или матрица могут быть созданы присваиванием их элементам (индексированным переменным) тех или иных значений. В отношении индексированных переменных действуют те же правила присваивания и ввода, что и для обычных переменных. Если пропустить ввод каких-либо элементов матрицы, то им будут присвоены нулевые значения. Например, если написать $f_3 := 5$ при $ORIGIN=0$, то мы получим вектор-столбец $f = \{0, 0, 0, 5\}$

На рис.2.1 посередине показано задание размерного вектора f и матриц $M1, M2$ путем поэлементного их формирования с помощью ранжированных переменных. Такой способ напоминает присваивания в двух вложенных циклах с управляющими переменными i и j . Обычно удобнее для задания матриц и векторов пользоваться вводом пиктограммы с изображением шаблона матрицы. Это вызывает появление диалогового окна, в котором нужно указать размер матрицы — рис.2.1 справа внизу.

Для облегчения работы с векторами и матрицами в системе MathCAD имеется ряд специальных операторов (Приложение 1).

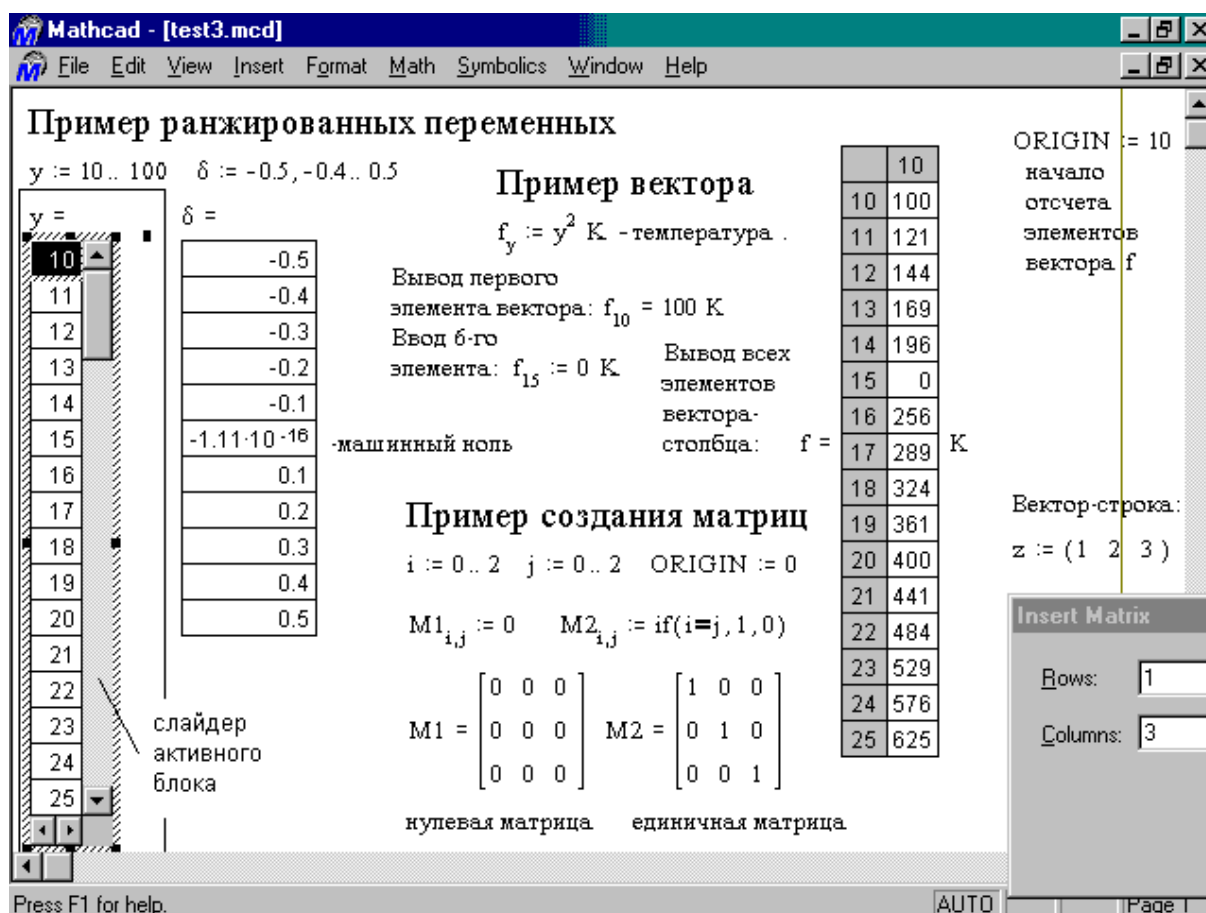


Рис. 2.1. Демонстрация ранжированных переменных, векторов и матриц

2.3. Использование функций с условиями сравнения

Существует ряд встроенных функций, у которых возвращаемый результат зависит от знака или значения аргумента. При их вычислении производится сравнение аргумента с некоторыми числовыми константами. К числовым **функциям с условиями сравнения** относятся:

- ceil(x)** — наименьшее целое, большее или равное x ;
- floor(x)** — наибольшее целое, меньшее или равное x ;
- mod(x,y)** — остаток от деления x/y со знаком x ;
- angle(x,y)** — положительный угол между осью x и радиус-вектором точки с координатами (x,y) ;
- $\Phi(x)$** — функция Хевисайда—единичного скачка (дает 0 при $x < 0$ и 1 в противном случае) Например, прямоугольный импульс шириной w можно задать как $\Phi(x) - \Phi(x - w)$;
- $\delta(m,n)$** —символ Кронекера, равен 1 при $m=n$ и 0 в противном случае.

Для создания **условных выражений** используют функцию условных выражений:

if(Условие, Выражение 1, Выражение 2)

Если в этой функции условие выполняется, то будет вычисляться выражение 1, в противном случае — выражение 2. На рис.2.2 приведены примеры применения функции if для моделирования процессов однополупериодного выпрямления синусоидального тока.

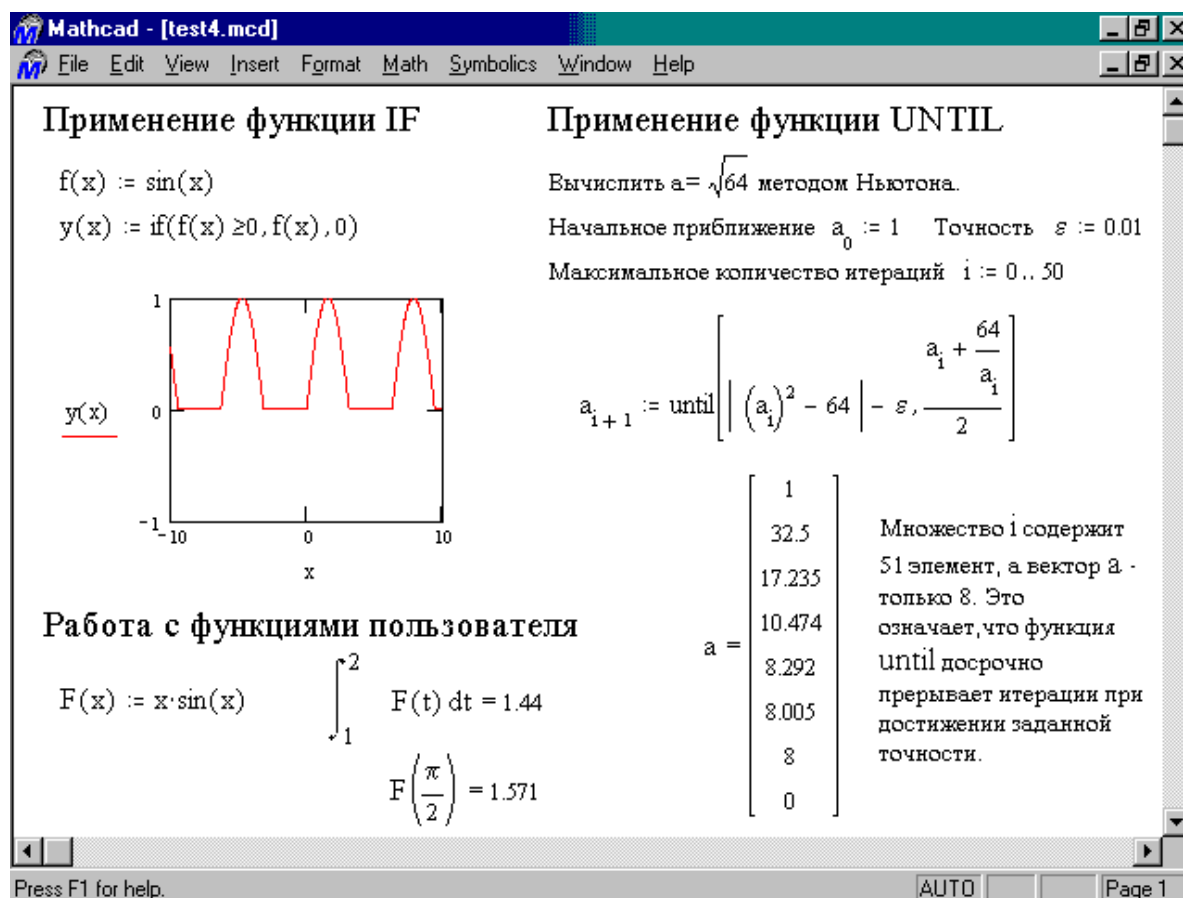


Рис. 2.2. Примеры использования функций if, until и функций пользователя

2.4. Работа с функциями пользователя

Функции пользователя вводятся с применением следующего выражения:

Имя_функции(Список_параметров):= Выражение

Имя функции задается как любой идентификатор. В скобках указывается список формальных параметров, разделенных запятыми. Выражение — любое выражение, содержащее операторы и функции с операндами и аргументами, указанными в списке параметров.

Примеры задания функций одной и двух переменных:

$$\text{fun}(x) := 10 \cdot (1 - \exp(x)), \quad \text{module}(x, y) := \sqrt{x^2 + y^2}.$$

Переменные, указанные в списке аргументов функций пользователя, являются **локальными**, поэтому они могут не определяться до задания функций. Их имена могут совпадать с именами глобальных переменных, введенных ранее. Пример функции пользователя и работа с ней содержатся на рис.2.2.

2.5. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений

Система MathCAD содержит огромное количество встроенных функций для решения стандартных математических задач. Перечень всех функций приводится в Приложении 2. Рассмотрим функцию **rkfixed**, которая позволяет решать обыкновенные дифференциальные уравнения численным методом Рунге-Кутты.

Наиболее важный шаг заключается в преобразовании уравнений к стандартному виду, который "понимают" численные методы, реализованные в выбранной функции. Преобразование заключается в избавлении от производных второго и более высоких порядков, которые могут присутствовать в уравнении. При этом дифференциальное уравнение высокого порядка превращается в систему дифференциальных уравнений первого порядка.

Рассмотрим следующее дифференциальное уравнение второго порядка:

$$\frac{d^2}{dx^2} y(x) + 3 \cdot \frac{d}{dx} y(x) - 7 \cdot y(x) = 4 \cdot x$$

Избавимся от второй производной, сделав замену:

$$y_0(x) = y(x), \quad y_1(x) = \frac{d}{dx} y_0(x)$$

Теперь дифференциальное уравнение будет содержать две функции и, по существу, оно превращается в систему двух дифференциальных уравнений:

$$\frac{d}{dx} y_0(x) = y_1(x)$$

$$\frac{d}{dx} y_1(x) = 4 \cdot x + 7 \cdot y_0(x) - 3 \cdot y_1(x)$$

Следующий шаг - это фиксирование правой части полученной системы в векторе **D** для использования в вычислительных методах функции **rkfixed**:

$$D := \begin{pmatrix} y_1 \\ 4 \cdot x + 7 \cdot y_0 - 3 \cdot y_1 \end{pmatrix}$$

Решение системы дифференциальных уравнений записывается в виде матрицы:

$$M := \text{rkfixed}(\mathbf{y}, x_1, x_2, \text{points}, D),$$

где \mathbf{y} - вектор начальных условий для y_0 и y_1 , x_1, x_2 - начальная и конечная точки интервала решения уравнения, **points** - количество точек (исключая начальную) конечно-разностной сетки, на которой решаются уравнения. Функция **rkfixed** возвращает матрицу M , первый столбец которой - это точки x_i , где рассчитывается решение, второй столбец - решение исходного дифференциального уравнения y (в новых переменных - это y_0), третий - его первая производная (в новых переменных - это y_1).

3 ПРОГРАММИРОВАНИЕ В СРЕДЕ MathCAD

3.1 Ввод программных операторов

Программные операторы находятся в наборной панели **Programming**, показанной на рис. 3.1. Как видно из рисунка, программный блок имеет вид самостоятельного модуля, выделяемого в тексте документа жирной вертикальной чертой. Модуль может вести себя как функция без имени и параметров, но возвращающая результат — первый пример на вычисление квадратного корня из числа 12. Программный модуль может выполнять и роль тела функции пользователя с именем и параметрами — второй пример.

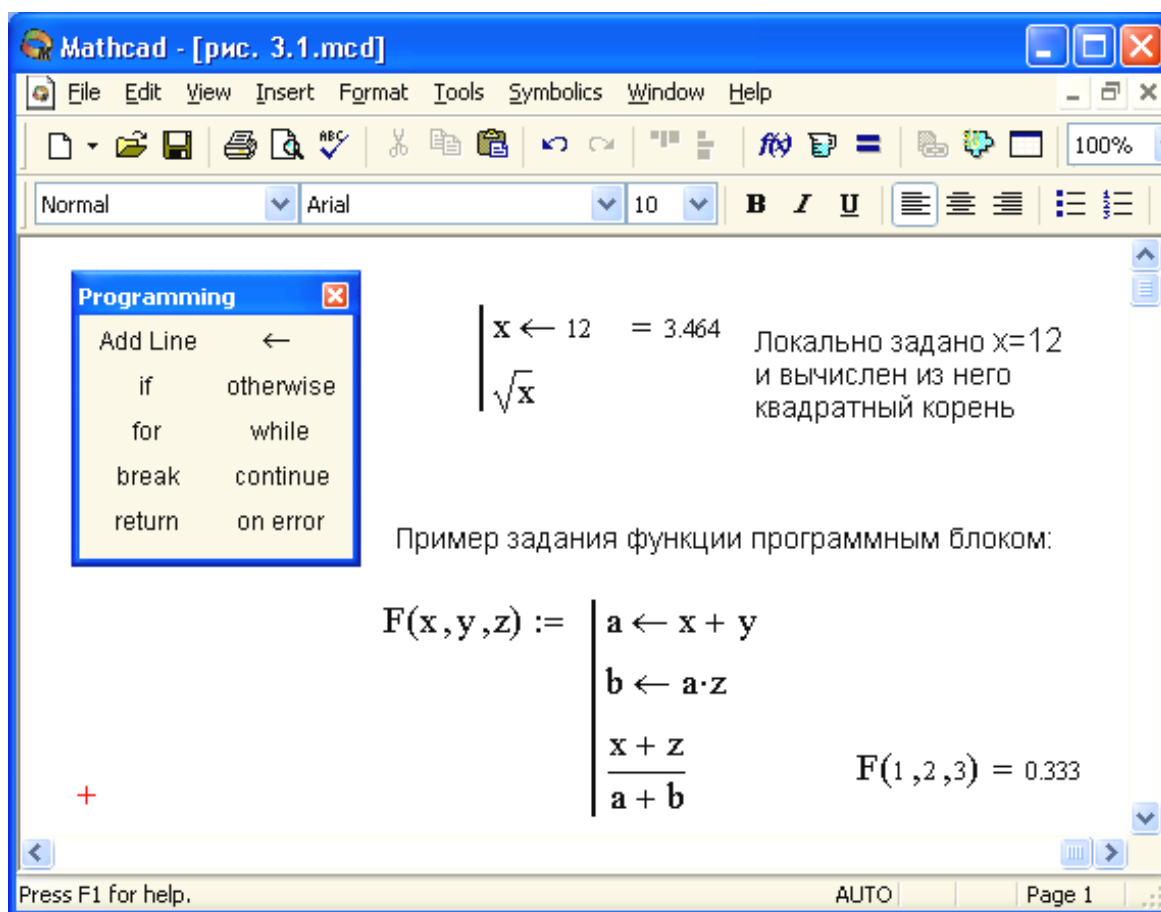


Рис. 3.1 Пример программных модулей

3.2 Обзор программных операторов

Набор программных элементов для создания программных модулей весьма ограничен и содержит следующие элементы:

Add Line	— создает и при необходимости расширяет жирную вертикальную линию, справа от которой в шаблонах задается запись программного блока;
←	— символ локального присваивания (в теле модуля);
if	— оператор условного выражения;
for	— оператор задания цикла с фиксированным числом повторений;
while	— оператор задания цикла типа «пока» (цикл выполняется, пока выполняется некоторое условие);
otherwise	— оператор иного выбора (обычно применяется с if);
break	— оператор прерывания;
continue	— оператор продолжения;
return	— оператор-функция возврата;
on error	— оператор обработки ошибок.

3.3 Оператор Add Line

Оператор **Add Line** выполняет функции расширения программного блока. Расширение фиксируется удлинением вертикальной черты программных блоков или их древовидным расширением. Благодаря этому, в принципе, можно создавать сколь угодно большие программы.

3.4 Оператор внутреннего присваивания

Оператор **←** выполняет функции внутреннего локального присваивания. Например, выражение $x \leftarrow 123$ присваивает переменной x значение 123. Локальный характер присваивания означает, что такое значение x сохраняет только в теле программы. За пределами тела программы значение переменной x может быть не определенным, либо равно значению, которое задается операторами локального $:=$ и глобального \equiv присваивания вне программного блока.

3.5 Оператор создания условных выражений if

Оператор **if** является оператором для создания условных выражений. Он задается в виде:

Выражение **if** Условие

Если Условие выполняется, то возвращается значение Выражения. Совместно с этим оператором часто используются операторы прерывания **break** и оператор иного выбора **otherwise**.

3.6 Оператор for

Оператор **for** служит для организации циклов с заданным числом повторений. Он записывается в виде:

for $Var \in Range$

Эта запись означает, что тело цикла – выражение, помещенное в шаблон под словом **for**, будет выполняться при изменении переменной Var в диапазоне $Range$. $Range$ может быть непосредственно диапазоном $N_{нач} .. N_{кон}$, может быть ранжированной величиной $(N_{нач}, N_{след} .. N_{кон})$ или вектором.

3.7 Оператор while

Оператор **while** служит для организации циклов, действующих до тех пор, пока выполняется некоторое логическое условие. Этот оператор записывается в виде:

while Условие

Выполняемое выражение записывается на место шаблона под словом **while**.

3.8 Оператор otherwise

Оператор **otherwise** ("иначе") обычно используется совместно с оператором **if**. Его использование поясняет следующая программная конструкция:

$$f(x) := \begin{cases} 1 & \text{if } x > 0 \\ -1 & \text{otherwise} \end{cases} \quad \begin{array}{l} \text{возвращает 1 если } x > 0 \\ \text{возвращает -1 во всех иных случаях} \end{array}$$

3.9 Оператор break

Оператор **break** вызывает прерывание работы программы всякий раз, как он встречается. Чаще всего он используется совместно с оператором условного выражения **if** и операторами циклов **while** и **for**, обеспечивая переход в конец тела цикла.

3.10 Оператор continue

Оператор продолжения используется совместно с операторами циклов **while** и **for**, обеспечивая прерывание текущей итерации цикла и возврат в начало цикла.

3.11 Оператор-функция возврата return

Особый оператор-функция **return** прерывает выполнение программы и возвращает значение своего операнда, стоящего следом за ним. Например, в приведенном ниже случае

return 0 if $x < 0$

будет возвращаться значение 0 при любом $x < 0$.

3.12 Оператор on error и функция error

Оператор обработки ошибок позволяет создавать конструкции обработчиков ошибок. Этот оператор задается в виде:

Выражение_1 on error Выражение 2

Здесь, если при выполнении **Выражения_2** возникает ошибка, то выполняется **Выражения_1**. Для обработки ошибок полезна также функция **error(S)**, которая, будучи в программном модуле возвращает окошко с надписью, хранящейся в символьной переменной **S** или в символьной константе (любой фразе в кавычках).

3.13 Практические примеры программирования

Несмотря на скромный набор программных средств, они дают системе MathCAD возможности задания функций с аппаратом локальных переменных, задания различных видов циклов (в том числе вложенных), упрощения алгоритмов с применением операций присваивания и реализацию по классическим алгоритмам итерационных и рекурсивных процедур.

Для нескольких подмодулей, которые должны выполняться в составе циклов, нужно использовать их объединение в виде жирной вертикальной черты. Для этого служит команда **Add Line**, как и для исходного задания блока.

Программный модуль, в сущности, является функцией, но описанной с применением упомянутых программных средств. Модуль возвращает значение, определяемое последним оператором или выражением. После такого модуля можно поставить знак равенства для вывода значения функции. В блоке могут содержаться любые операторы и функции входного языка системы. Для передачи в блок значений переменных можно использовать переменные документа, которые ведут себя в блоке как глобальные переменные.

Обычно модулю присваивается имя со списком переменных, после которого идет знак присваивания. Переменные в списке являются локальными и им можно присваивать значения при вызове функции, заданной модулем. Локальный характер таких переменных позволяет использовать для их имен (идентификаторов) те же имена, что и у глобальных переменных документа. Однако лучше этого не делать и использовать разные имена для локальных переменных программных модулей и переменных документа.

На рис. 3.3 показано применение операторов **on error** и **return**, а также действие функции **error**, задающей вывод надписи в желтом прямоугольнике при активизации мышкой выражения, содержащего ошибку.

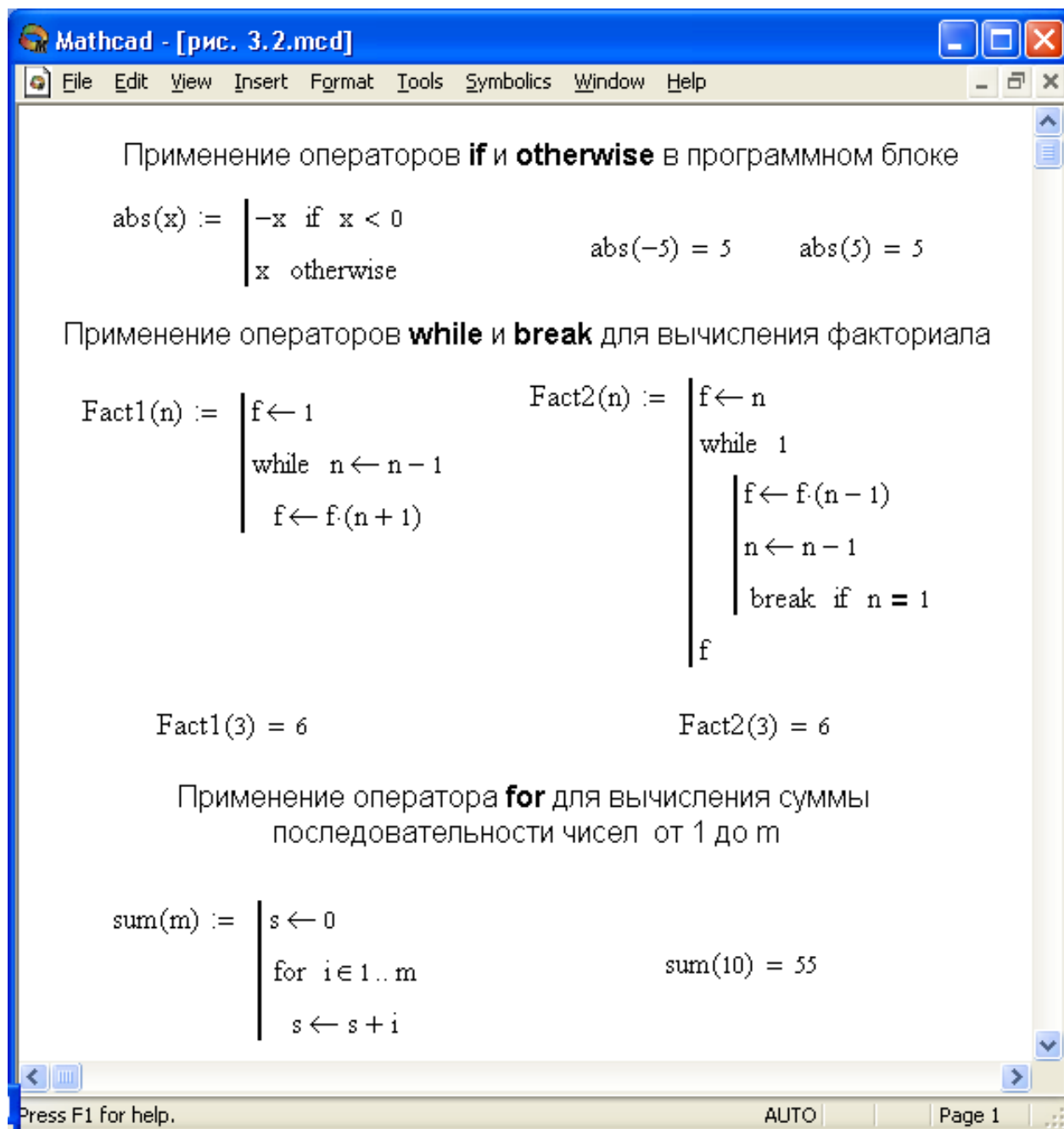


Рис. 3.2 Примеры задания программных блоков

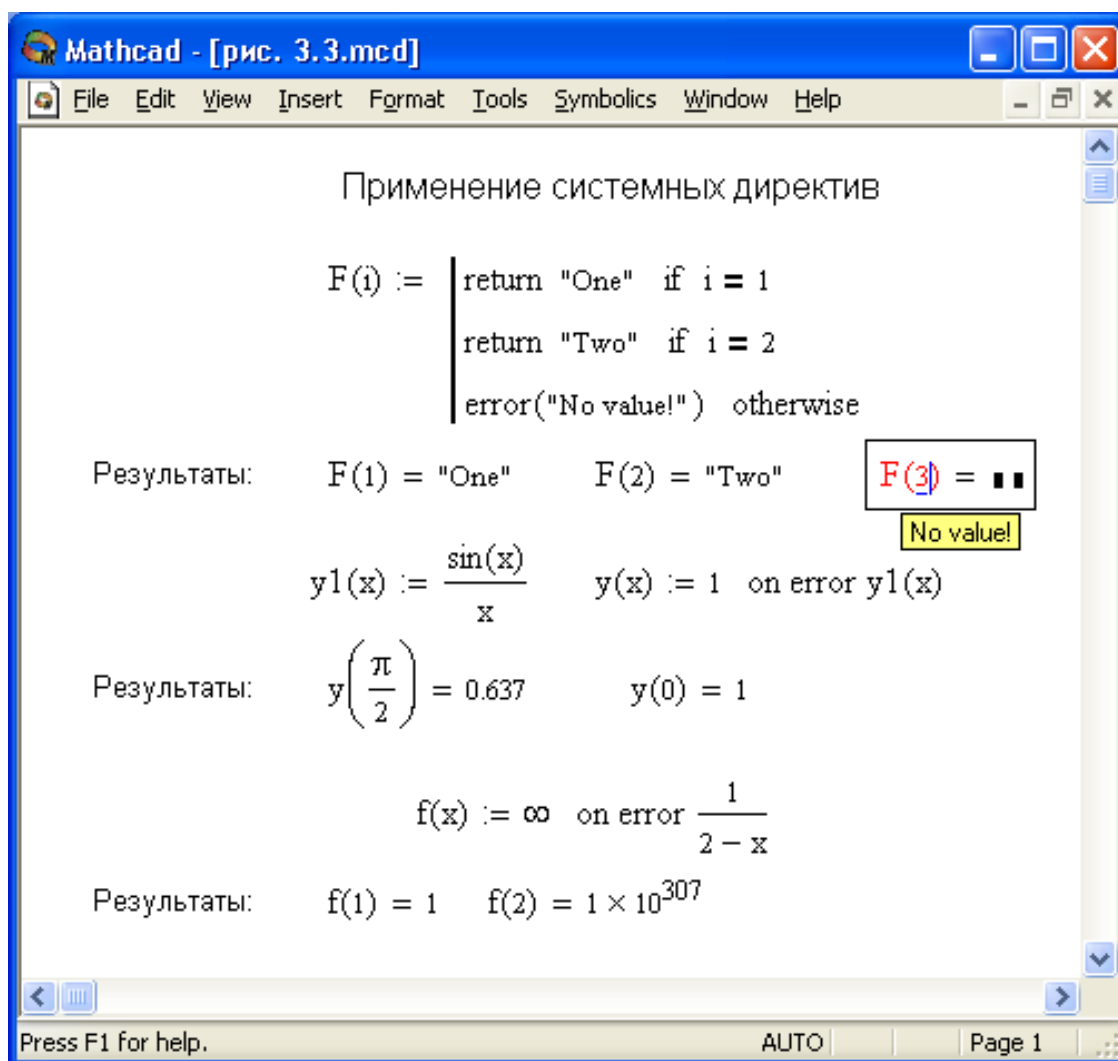


Рис. 3.3 Применение операторов **on error** и **return**

Приложение 1

Встроенные операторы

В приведённом ниже списке операторов используются следующие условные обозначения:

A и B – векторы или матрицы;

u и v – векторы с действительными или комплексными элементами;

M – квадратная матрица;

z и y – действительные числа;

m и n – целые числа;

i – диапазон переменных;

t – любое имя переменной;

f – функция;

X и Y – переменные или выражения любого типа.

На их место могут подставляться объекты соответствующего типа (переменные, векторы, матрицы и т. д.) с любыми иными именами и выражения с результатом их вычисления соответствующего типа.

Оператор	Обозначение	Ввод	Назначение оператора или операции
Круглые скобки	(x)	,	Изменение приоритета выполнения операций
Нижний индекс	A_n	[Задание индексированной переменной
Верхний индекс	$A^{<n>}$	[ctrl]6	Выбор n-го столбца из массива A
Векторизация	$\xrightarrow{f(M)}$	[ctrl]-	Выполнение операции f для всех элементов M . Например: $\xrightarrow{\sin(M)}$, $\xrightarrow{(M^2)}$
Факториал	$N!$!	Вычисление факториала для целого положительного числа n
Сопряжённое число	\overline{x}	“	Вычисление сопряжённого комплексного числа
Транспонирование	A^t	[ctrl]1	Транспонирование квадратной матрицы
Возведение в степень	Z^w	^	Возведение Z в степень w
Возведение в степень	M^n	^	Возведение в целую n -ю степень квадратной матрицы M (при $n=-1$ обращение матрицы)
Отрицание	$-X$	-	Умножение X на -1
Сумма элементов вектора	Σv	[ctrl]4	Вычисление суммы элементов вектора v (возвращает скалярное значение)
Квадратный корень	\sqrt{z}	\	Вычисление квадратного корня из Z
Корень n-й степени	$\sqrt[n]{z}$	[ctrl]\	Вычисление корня степени n из Z
Модуль комплексного числа	$ Z $		Вычисление модуля комплексного числа $Z : \sqrt{\text{Re}(z)^2 + \text{Im}(z)^2}$
Размер вектора	$ v $		Вычисление $\sqrt{v * v}$, если все элементы v являются реальными и $\sqrt{v * \overline{v}}$, если все элементы v являются комплексными
Детерминант матрицы	$ M $		Вычисление детерминанта (определителя квадратной матрицы M)

Деление	X/z	/	Деление выражения X на скаляр z , неравный 0 (если X является массивом, то на z делится каждый член массива)
Умножение	$X \cdot Y$	*	Вычисление произведения X на Y , если X и Y являются скалярами. Умножение каждого элемента Y на X , если Y является массивом, а X — скаляром. Вычисление скалярного произведения, если X и Y — векторы одинакового размера. Умножение матриц, если X и Y являются подобными матрицами. Y может быть вектором.
Кросс-произведение	$u \times v$	[Ctrl]8	Вычисление векторного произведения векторов u и v
Суммирование для конечного ряда	$\sum_{i=m}^n X$	[Ctrl] [Shift] 4	Вычисление суммы членов X для $i = m, m+1, \dots, n$, причём X может быть любым выражением
Произведение для конечного ряда	$\prod_{i=m}^n X$	[Ctrl] [Shift] 3	Перемножение элементов X для $i = m, m+1, \dots, n$, причём X может быть любым выражением
Суммирование для бесконечного ряда	$\sum_i X$	\$	Вычисление суммы бесконечного числа членов X , причём X может быть любым выражением
Произведение для бесконечного ряда	$\prod_i X$	#	Перемножение бесконечного числа членов X , причём X может быть любым выражением
Предел функции в заданной точке	$\lim_{x \rightarrow a} f(x)$	[Ctrl]L	Вычисление предела функции $f(x)$, при x стремящемся к a (только в символьном виде)
Предел функции слева от заданной точки	$\lim_{x \rightarrow a^-} f(x)$	[Ctrl]B	Вычисление предела функции $f(x)$, при x стремящемся к a слева (только в символьном виде)
Предел функции справа от заданной точки	$\lim_{x \rightarrow a^+} f(x)$	[Ctrl]A	Вычисление предела функции $f(x)$, при x стремящемся к a справа (только в символьном виде)
Определённый интеграл	$\int_a^b f(t)$	&	Вычисление определённого интеграла от подынтегральной функции $f(t)$ с пределами интегрирования — нижним a и верхним b

Неопределённый интеграл	$\int f(t)$	[Ctrl]I	Вычисление в символьном виде неопределённого интеграла от подынтегральной функции $f(t)$
Производная заданной функции по переменной t	$\frac{d}{dt} f(t)$?	Вычисление первой производной функции $f(t)$ по переменной t
N-я производная заданной функции по переменной t	$\frac{d^n}{dt^n} f(t)$	[Ctrl]?	Вычисление n-й производной функции $f(t)$ по переменной t
Сложение	$X+Y$	+	Сложение скаляров, векторов или матриц
Вычитание	$X-Y$	-	Вычитание скаляров, векторов или матриц
Перенос на другую строку	$X...+Y$	[Ctrl]	Задание переноса части выражения на следующую строку
Больше, чем	$X>Y$	>	Возвращает 1, если $X>Y$, иначе возвращает 0
Меньше, чем	$X<Y$	<	Возвращает 1, если $X<Y$, иначе возвращает 0
Больше, чем или равно	$X\geq Y$	[Ctrl]0	Возвращает 1, если $X\geq Y$, иначе возвращает 0
Меньше, чем или равно	$X\leq Y$	[Ctrl]9	Возвращает 1, если $X\leq Y$, иначе возвращает 0
Не равно	$Z\neq W$	[Ctrl]3	Возвращает 1, если $Z \neq W$, иначе возвращает 0
Равно	$Z=W$	[Ctrl]=	$Z=W$

Приложение 2

Встроенные функции и ключевые слова

В приведенных ниже функциях для систем класса MathCAD используются следующие обозначения:

x и y	— вещественные числа
z	— вещественное либо комплексное число;
m, n, i, j и k	— целые числа;
u, v и все имена, начина- ющиеся с v	— векторы
A и B	— матрицы либо векторы
M и N	— квадратные матрицы
F	— вектор-функция
<i>File</i>	— либо имя файла, либо файловая переменная, присоединённая к имени файла.
\oplus	— функция имеется только в версиях, начиная с MathCAD PLUS 6.0.
$\oplus\oplus$	— новая функция, имеющаяся только в MathCAD 7.0 PRO

Все углы в тригонометрических функциях выражены в радианах. Многозначные функции и функции с комплексным аргументом всегда возвращают главное значение. Имена приведённых функций не чувствительны к шрифту, но чувствительны к регистру — их следует вводить с клавиатуры в точности, как они приведены. Все функции возвращают указанное для них значение.

Список встроенных функций и ключевых слов MathCAD

1. **acos**(z) — арккосинус
2. **acosh**(z) — гиперболический арккосинус
3. **angle**(x, y) — угол в радианах между положительным направлением оси x и радиус-вектором точки (x, y)
4. **APPEND**(*file*) — добавляет значение одиночной переменной в файл *file.dat* на диске

5. **APPENDPRN**(file) — добавляет матрицу к существующему файлу file.prn на диске
6. **arg**(z) — аргумент комплексного числа z (в радианах)
7. **asinh**(z) — гиперболический арксинус
8. **assume** — ключевое слово автоматических символьных преобразований, указывающее на отмену присваивания значений переменным
9. **atan**(z) — арктангенс
10. **atanh**(z) — обратный гиперболический тангенс
11. **augment**(A, B) — объединяет две матрицы одинакового размера A и B
12. \oplus **bulstoer**(v, x₁, x₂, асс, n, F, k, s) — матрица решения системы обыкновенных дифференциальных уравнений методом Булириш-Штера с переменным шагом (правая часть системы записана в векторе F), с заданными начальными условиями в векторе v, на интервале от x₁ до x₂, параметры k и s задают шаг решения
13. \oplus **Bulstoer**(v, x₁, x₂, n, F) — матрица решения системы обыкновенных дифференциальных уравнений методом Булириш-Штера с постоянным шагом (правая часть системы записана в векторе F), с заданными начальными условиями в векторе v, на интервале от x₁ до x₂
14. \oplus **bvalfit**(v₁, v₂, x₁, x₂, x_i, F, L₁, L₂) — начальные условия для краевой задачи, заданной в векторах F, v₁ и v₂ на интервале от x₁ до x₂
15. **ceil**(x) — наименьшее целое, не превышающее x
16. **cfft**(A) — быстрое преобразование Фурье для массива комплексных чисел A (возвращает массив того-же размера, что и A)
17. **CFFT**(A) — то же, что и в п. 16, но в иной норме (формулы для нее см. в справочной системе MathCAD)
18. \oplus **cholesky**(M) — возвращает треугольную матрицу L для треугольного разложения симметричной матрицы M методом Холецкого ($M = L \cdot L^T$)
19. **cnorm**(x) — интеграл от функции стандартного нормального распределения в пределах от минус бесконечности до x
20. **cols**(A) — число столбцов в матрице A
21. $\oplus \oplus$ **concat**(S1, S2) — строковая переменная, полученная объединением строковых переменных или констант S1 и S2
22. **complex** — ключевое слово режима автоматических символьных преобразований, указывающее на необходимость выполнения операций в комплексной форме
23. \oplus **cond1**(M) — число обусловленности матрицы, вычисленное в норме L1
24. \oplus **cond2**(M) — число обусловленности матрицы, вычисленное в норме L2
25. \oplus **conde**(M) — число обусловленности матрицы, вычисленное в норме евклидова пространства
26. \oplus **condi**(M) — число обусловленности матрицы, основанное на равномерной норме
27. **corr**(vx, vy) — коэффициент корреляции двух векторов — vx и vy
28. **cos**(z) — косинус
29. **cosh**(z) — гиперболический косинус

30. **cot(z)** — котангенс
31. **coth(z)** — гиперболический котангенс
32. **csc(z)** — косеканс
33. **csch(z)** — гиперболический косеканс
34. **csort(A, n)** — матрица **A**, отсортированная по столбцу n перестановкой строк в порядке возрастания значений элементов в столбце n
35. **cspline(vx, vy)** — вектор коэффициентов (вторых производных) кубического сплайна, проходящего через точки, координаты которых заданы в векторах **vx** и **vy** одинакового размера
36. **cvar(X, Y)** — ковариация X и Y
37. **diag(v)** — диагональная матрица, элементы главной диагонали которой — вектор **v**
38. \oplus **dbeta(x, s1, s2)** — плотность вероятности для β -распределения в точке x ($s1, s2 > 0$ — параметры масштаба, $0 < x < 1$)
39. **dbinom(k, n, p)** — вероятность $P(x=k)$, где k — случайная величина для биномиального распределения (n и k — целые числа, причем $0 \leq k \leq n$ и $0 \leq p \leq 1$)
40. \oplus **dcauchy(x, l, s)** — плотность вероятности для распределения Коши в точке x (l — параметр разложения, s — параметр масштаба)
41. **dchisq(x, d)** — плотность вероятности для Хи-квадрат-распределения в точке x (d — число степеней свободы, $x, d > 0$)
42. \oplus **dexp(x, r)** — плотность вероятности для экспоненциального распределения в точке x ($x, r > 0$)
43. **dF(x, d1, d2)** — плотность вероятности для распределения Фишера в точке x ($d1, d2$ — числа степеней свободы, $x, d1, d2 > 0$)
44. \oplus **dgamma(x, s)** — плотность вероятности для гамма-распределения в точке x ($s > 0$ — параметр масштаба, $x \geq 0$)
45. \oplus **dgeom(k, p)** — вероятность $P(x=k)$, где k — случайная величина для геометрического распределения
46. \oplus **dlnorm(x, μ , σ)** — плотность вероятности для логнормального распределения в точке x (μ — натуральный логарифм среднего значения, $\sigma > 0$ — натуральный логарифм среднеквадратического отклонения, $x > 0$)
47. \oplus **dlogis(x, l, s)** — плотность вероятности для логистического распределения (l — параметр разложения, s — параметр масштаба)
48. \oplus **dnbinom(k, n, p)** — вероятность $P(x=k)$, где k — случайная величина для отрицательного биномиального распределения ($n, k > 0$ — целые числа, $0 < p < 1$)
49. **dnorm(x, μ , σ)** — плотность вероятности для нормального распределения в точке x (μ — среднее значение, σ — среднеквадратическое отклонение)
50. **dpois(k, λ)** — вероятность $P(\lambda=k)$, где k — случайная величина для распределения Пуассона (параметр $\lambda > 0$, k — целое неотрицательное число)

51. **dt**(x, d) — плотность вероятности для распределения Стюдента в точке x ($d > 0$ — число степеней свободы, x — вещественное число)
52. **dunif**(x, a, b) — плотность вероятности для равномерного распределения в точке x (a и b — граничные точки интервала, $a \leq x \leq b$)
53. \oplus **dwelbull**(x, s) — плотность вероятности для распределения Вейбулла в точке x ($s > 0$ — параметр масштаба)
54. **eigenvals**(**M**) — собственные значения матрицы
55. **eigenvec**(**M**, z) — нормированный собственный вектор матрицы **M**, соответствующий ее собственному значению z
56. **eigenvecs**(**M**) — матрица, столбцами которой являются собственные векторы матрицы **M** (порядок расположения собственных векторов соответствует порядку собственных значений, возвращаемых функцией **eigenvals**)
57. **erf**(x) — функция ошибок
58. $\oplus \oplus$ **errors**(**S**) — вывод сообщения об ошибке **S** (используется в программных модулях)
59. **exp**(z) — значение e (основание натурального логарифма) в степени z
60. **expand** — ключевое слово режима автоматических символьных преобразований, задающее расширение выражений
61. **factor** — ключевое слово режима автоматических символьных преобразований, задающее разложение (факторизацию) выражений
62. **Find**($\text{var1}, \text{var2}, \dots$) — вектор переменных $\text{var1}, \text{var2}, \dots$, дающих решение системы уравнений в блоке, объявленном словом **Given** (число возвращаемых значений равно числу аргументов)
63. **fft**(**v**) — быстрое преобразование Фурье для данных, записанных в векторе **v** в виде вещественных чисел с 2^n элементами, где n — целое число (возвращает вектор размера $2^{n-1} + 1$)
64. **FFT**(**v**) — то же, что и **fft**(**v**), но в иной нормировке (формулы для нее см. в справочной системе MathCAD)
65. **float** — ключевое слово режима автоматических символьных преобразований, задающее вывод результатов в виде чисел с плавающей точкой
66. **floor**(**x**) — наибольшее целое число, меньшее или равное действительному x
67. \oplus **genfit**(**vx**, **vy**, **vg**, **F**) — вектор, содержащий параметры, при которых функция **F** от x и n параметров u_0, u_1, u_{n-1} , наилучшим образом приближает данные, представленные векторами **vx** и **vy** (**F** является функцией, которая возвращает вектор из $n+1$ элемента, содержащий функцию f и ее частные производные, векторы **vx** и **vy** должны быть одного размера, **vg** — вектор n элементов начальных значений для n параметров)
68. \oplus **geninv**(**A**) — левая, обратная к **A** матрица, удовлетворяющая уравнению $\mathbf{L} \cdot \mathbf{A} = \mathbf{E}$, где **E** — единичная матрица размером $n \cdot m$, **L** — прямоугольная матрица размером $n \cdot m$, **A** — прямоугольная матрица размером $m \cdot n$

69. **genvals**(**M**, **N**) — вектор обобщенных собственных значений v_j | матрицы **M**, соответствующий матричному выражению $\mathbf{M} \cdot \mathbf{x} = \mathbf{v}_j \cdot \mathbf{N} \cdot \mathbf{x}$, где **M** и **N** матрицы с действительными элементами
70. **genvecs**(**M**, **N**) — матрица, содержащая нормированные собственные векторы, принадлежащие собственным значениям вектора **v**, возвращаемого **genvals** (n-й столбец этой матрицы является собственным вектором **x**, удовлетворяющим собственному значению уравнения $\mathbf{M} \cdot \mathbf{x} = \mathbf{v}_n \cdot \mathbf{N} \cdot \mathbf{x}$ причем матрицы **M** и **N** содержат действительные значения)
71. **Given** — ключевое слово, открывающее блок решения системы уравнений (в нем обычно используются функции **Find** и **Minerr**)
72. **hist**(**intervals**, **data**) — возвращает вектор, содержащий значения частот, с которыми величины, содержащиеся в векторе **data**, попадают в интервалы, представленные границами, заданными в векторе **intervals**
73. **J0**(**x**) — модифицированная функция Бесселя первого рода нулевого порядка
74. **J1**(**x**) — модифицированная функция Бесселя первого рода первого порядка
75. **icfft**(**A**) — обратное преобразование Фурье, соответствующее **cfft** (возвращает массив такого же размера, как и у аргумента **A**)
76. **ICFFT**(**A**) — быстрое обратное преобразование Фурье, соответствующее **CFFT**
77. **identity**(**n**) — единичная квадратная матрица размера $n \cdot n$
78. **if**(**cond**, **x**, **y**) — условное выражение, возвращающее выражение **x**, если условие **cond** больше 0, и выражение **y** в иных случаях
79. **ifft**(**v**) — обратное преобразование Фурье, соответствующее **fft** (вектор **v** имеет размер $1 + 2^{n-1}$, где **n** — целое число, возвращает вектор с размером 2^n)
80. **IFFT**(**v**) — быстрое обратное преобразование Фурье, соответствующее **FFT**
81. **Im**(**z**) — мнимая часть комплексного числа **z**
82. **ln**(**m**, **x**) — модифицированная функция Бесселя первого рода *m-go* порядка
83. **intercept**(**vx**, **vy**) — коэффициент **a** для функции линейной регрессии $y = a + b \cdot x$ при данных, заданных векторами **vx** и **vy**
84. **interp**(**vs**, **vx**, **vy**, **x**) — значение сплайн функции в точке **x**, вычисленной по исходным данным, представленным векторами **vx** и **vy** и по коэффициентам (вторым производным) сплайна, хранящимся в векторе **vs**
85. \oplus **iwave**(**v**) — обратное волновое преобразование относительно преобразования **wave** (**v** — вектор, размером 2^n)
86. **J0**(**x**) — функция Бесселя первого рода нулевого порядка
87. **J1**(**x**) — функция Бесселя первого рода первого порядка
88. **Jn**(**m**, **x**) — функция Бесселя первого рода *m-go* порядка; $0 < m < 100$
89. **K0**(**x**) — модифицированная функция Бесселя второго рода нулевого порядка
90. **K1**(**x**) — модифицированная функция Бесселя второго рода первого порядка

91. **Kn**(m, x) — модифицированная функция Бесселя второго рода m -го порядка; $0 < m < 100$
92. \oplus **ksmooth**($\mathbf{vx}, \mathbf{vy}, b$) — n -мерный вектор сглаженных значений для ряда точек с координатами, представленными l -мерными векторами \mathbf{vx} и \mathbf{vy} (параметр b задает ширину окна сглаживания, которая должна в несколько раз превышать ширину интервала между точками по оси x)
93. **last**(\mathbf{v}) — индекс последнего элемента вектора \mathbf{v}
94. **length**(\mathbf{v}) — число элементов в векторе \mathbf{v}
95. **linfit**($\mathbf{vx}, \mathbf{vy}, \mathbf{F}$) — вектор с параметрами, дающими наилучшее приближение точек с координатами, хранящимися в векторах \mathbf{vx} и \mathbf{vy} с помощью линейной комбинации функций, записанных в векторе \mathbf{F} (векторы \mathbf{vx} и \mathbf{vy} должны быть одинакового размера)
96. **linterp**($\mathbf{vx}, \mathbf{vy}, x$) — значение в точке x , вычисленное при линейной интерполяции данных с точками, координаты которых заданы векторами \mathbf{vx} и \mathbf{vy}
97. **literally** — ключевое слово режима символьной оптимизации
98. **ln**(z) — натуральный логарифм
99. \oplus **loess**($\mathbf{vx}, \mathbf{vy}, span$) — вектор, используемый функцией **interp** для определения набора многочленов второй степени, которые наилучшим образом аппроксимируют часть данных для точек, координаты которых заданы векторами \mathbf{vx} и \mathbf{vy} (параметр $span$ указывает размер части аппроксимируемых данных)
100. \oplus **loess**($\mathbf{Mxy}, \mathbf{vz}, span$) — вектор, используемый функцией **interp** для определения набора многочленов второй степени, которые наилучшим образом аппроксимируют зависимость $Z(x, y)$ по множеству \mathbf{Mxy} (значения Z должны быть в векторе \mathbf{vz} , параметр $span$ указывает размер области, на которой выполняется локальная аппроксимация)
101. **log**(z) — десятичный логарифм
102. \oplus **lsolve**(\mathbf{M}, \mathbf{v}) — вектор неизвестных, дающих решение системы линейных алгебраических уравнений вида $\mathbf{M} \cdot \mathbf{x} = \mathbf{v}$
103. **lspline**(\mathbf{vx}, \mathbf{vy}) — коэффициенты линейного сплайна, построенного по векторам \mathbf{vx} и \mathbf{vy}
104. \oplus **lu**(\mathbf{M}) — треугольное разложение матрицы \mathbf{M} , удовлетворяющее выражению $\mathbf{P} \cdot \mathbf{M} = \mathbf{LU}$, где \mathbf{L} и \mathbf{U} — нижняя и верхняя треугольные матрицы (все матрицы квадратные и одного порядка)
105. **matrlx**(m, n, f) — матрица, в которой (i, j) -й элемент содержит значения $f(i, j)$, где $i=0, 1, \dots, m$ и $j=0, 1, \dots, n$
106. **max**(\mathbf{A}) — наибольший элемент в матрице \mathbf{A}
107. **mean**(\mathbf{v}) — среднее значение для элементов вектора \mathbf{v}
108. **median**(\mathbf{X}) — медиана для элементов вектора \mathbf{X}
109. **medsmooth**(\mathbf{vy}, n) — m -мерный вектор, сглаживающий w -мерный вектор вещественных чисел вектора \mathbf{vy} методом скользящей медианы (параметр n — ширина окна, по которому происходит сглаживание, причем n может быть нечетным числом, меньшим чем число элементов в векторе \mathbf{vy})

110. **min(A)** — наименьший элемент в матрице A
111. **Minner**(x_1, x_2, \dots) — вектор значений для x_1, x_2, \dots , представляющих решение системы уравнений в вычислительном блоке, открываемом словом **Given**, с минимальной среднеквадратической погрешностью
112. **mod**($x, modulus$) — остаток от деления x на $modulus$ (аргументы должны быть действительными, результат имеет такой же знак, что у x)
113. \oplus **multigrid**(**M**, n) — матрица решения уравнения Пуассона, где решение равно нулю на границах
114. \oplus **norm1**(**M**) — $L1$ норма матрицы **M**
115. \oplus **norm2**(**M**) — $L2$ норма матрицы **M**
116. \oplus **norme**(**M**) — Евклидова норма матрицы **M**
117. \oplus **normi**(**M**) — равномерная (неопределенная) норма матрицы **M**
118. $\oplus\oplus$ **nuin2str**(z) — строковое представление числа z
119. **optimize** — ключевое слово, включающее режим символьной оптимизации
120. **pbeta**(x, s_1, s_2) — значение функции бета-распределения в точке x (s_1, s_2 — параметры масштаба)
121. **pbinom**(k, n, p) — функция распределения биномиального закона для k успехов в серии из n испытаний
122. **pcauchy**(x, l, s) — значение функции распределения Коши в точке x с параметрами масштаба l и s
123. **pchisq**(x, d) — значение кумулятивного Хи-квадрат-распределения в точке x (d — степень свободы)
124. **pexp**(x, r) — значение функции экспоненциального распределения в точке x (параметр $r > 0$)
125. **pF**(x, d_1, d_2) — значение функции распределения Фишера в точке $x > 0$ ($d_1 > 0$ и $d_2 > 0$ — числа степеней свободы)
126. **pgamma**(x, s) — значение функции гамма-распределения в точке $x > 0$ (параметр масштаба $s > 0$)
127. **Ipgeom**(k, p) — значение функции геометрического распределения для вероятности успеха p (параметр $k \geq 0, 0 < p \leq 1$)
128. **plnorm**(x, μ, σ) — значение в точке x функции логнормального распределения в точке x (μ — логарифм среднего значения, $\sigma > 0$ — логарифм стандартного отклонения)
129. **plogis**(x, l, s) — значение функции последовательного распределения в точке x (l — параметр положения, $s > 0$ — параметр масштаба)
130. **pnbinom**(k, n, p) — значение функции отрицательного биномиального распределения в точке x ($p > 0$ — целое число, $0 < p < 1$),
131. **pnorm**(x, μ, σ) — значение функции нормального распределения в точке x при среднем значении μ и стандартном отклонении σ
132. **polyroots**(**v**) — корни многочлена степени n , коэффициенты которого находятся в векторе **v** с длиной $n+1$
133. **ppois**(k, λ) — значение для k функции распределения Пуассона (k — целое, параметр $\lambda > 0$)

134. $\oplus \text{predict}(\mathbf{v}, m, n)$ — вектор, содержащий равноотстоящие предсказанные экстраполяцией значения n точек, вычисленных по m предшествующих точек, заданных в векторе \mathbf{v}
135. $\text{pspline}(\mathbf{vx}, \mathbf{vy})$ — коэффициенты (вторые производные) параболического сплайна, построенного по векторам \mathbf{vx} и \mathbf{vy}
136. $\text{pspline}(\mathbf{Mxy}, \mathbf{Mz})$ — вектор вторых производных для данных \mathbf{Mxy} и \mathbf{Mz} , который является параметром функции **interp**
137. $\text{pt}(\mathbf{x}, d)$ — значение функции распределения Стюдента в точке \mathbf{x} (d — степень свободы, причем $\mathbf{x} > 0$ и $d > 0$)
138. $\text{punif}(\mathbf{x}, a, b)$ — значение функции равномерного распределения в точке \mathbf{x} , причем b и a — границы интервала ($a < b$)
139. $\text{pweibull}(\mathbf{x}, s)$ — значение функции распределения Вейбулла в точке \mathbf{x} (параметр $s > 0$)
140. $\text{qbeta}(p, s1, s2)$ — квантили обратного бета-распределения с параметрами формы $s1$ и $s2$ ($0 \leq p \leq 1$ и $s1, s2 > 0$)
141. $\text{qbinom}(p, n, q)$ — количество успехов в n испытаниях по схеме Бернулли такое, что вероятность этого числа успехов равна p/q — вероятность успеха при однократном испытании, $0 < q < 1$ и $0 < p < 1$)
142. $\text{qcauchy}(p, l, q)$ — квантили обратного распределения Коши с параметрами масштаба l и q ($s > 0$ и $0 < p < 1$)
143. $\text{qchisq}(p, d)$ — квантили обратного Хи-квадрат-распределения ($cf > 0$ является характеристикой степеней свободы, $0 < p < 1$)
144. $\oplus \text{qexp}(p, r)$ — квантили обратного экспоненциального распределения ($r > 0$ определяет частоту, $0 < p < 1$)
145. $\text{qF}(p, d1, d2)$ — квантили обратного распределения Фишера ($d1$ и $d2$ — степени свободы, $0 \leq p < 1$)
146. $\text{qgamma}(p, s)$ — квантили обратного гамма-распределения ($s > 0$ — параметр масштаба, $0 \leq p < 1$)
147. $\text{qgeom}(p, q)$ — квантили обратного геометрического распределения (q определяет вероятность успеха однократного испытания, $0 < p < 1$, $0 \leq q < 1$)
148. $\text{qlnorm}(p, \mu, \sigma)$ — квантили обратного логнормального распределения (μ — логарифм среднего числа, $\sigma > 0$ — логарифм стандартного отклонения, $0 \leq p < 1$)
149. $\text{qtogis}(p, l, s)$ — квантили обратного последовательного распределения (l — параметр положения, $s > 0$ — параметр масштаба, $0 < p < 1$)
150. $\text{qnbinom}(p, n, q)$ — квантили обратного отрицательного биномиального распределения с размером n и вероятностью ошибки $0 \leq q \leq 1$ и $0 \leq p \leq 1$)
151. $\text{qnorm}(p, \mu, \sigma)$ — квантили обратного нормального распределения со средним значением μ и стандартным отклонением σ ($0 < p < 1$ и $\sigma > 0$)
152. $\text{qpois}(p, \lambda)$ — квантили обратного распределения Пуассона ($\lambda > 0$ и $0 \leq p \leq 1$)
153. $\oplus \text{qr}(\mathbf{A})$ — разложение матрицы \mathbf{A} , так что $\mathbf{A} = \mathbf{Q} \cdot \mathbf{R}$, где \mathbf{Q} — ортогональная матрица и \mathbf{R} — верхняя треугольная матрица

154. **qt**(p, d) — квантили обратного распределения Стьюдента ((u определяет степени свободы, причем $d > 0$ и $0 < p < 1$)
155. **qunif**(p, a, b) — квантили обратного равномерного распределения (a и b — конечные значения интервала, причем $a < b$ и $0 < p < 1$)
156. **qweibull**(p, s) — квантили обратного распределения Вейбулла ($s > 0$ и $0 < p < 1$)
157. **rank**(**A**) — ранг матрицы **A**
158. \oplus **rbeta**(m, s_1, s_2) — вектор m случайных чисел, имеющих бета-распределение ($s_1, s_2 > 0$ являются параметрами масштаба)
159. **rbinom**(m, n, p) — вектор m случайных чисел, имеющих биномиальное распределение ($0 \leq p \leq 1$), n — целое число, удовлетворяющее $n > 0$)
160. **rcauchy**(m, l, s) — вектор m случайных чисел, имеющих распределение Коши (l и $s > 0$ — параметры масштаба)
161. **rchisq**(m, d) — вектор m случайных чисел, имеющих Хи-квадрат-распределение ($d > 0$ определяет степени свободы)
162. **Re**(**z**) — действительная часть комплексного числа z
163. **READ**(**file**) — значение простой переменной из файла с именем *file.prn*
164. $\oplus\oplus$ **READ_BLUE**(**file**) — массив, соответствующий синему компоненту содержащегося в *file* объекта
165. **READBMP**(**file**) — массив, содержащий черно-белое представление изображения содержащегося в файле *file* объекта
166. $\oplus\oplus$ **READ_GREEN**(**file**) — массив, соответствующий зеленому компоненту, содержащегося в *file* объекта
167. $\oplus\oplus$ **READ_HLS**(**file**) — массив, представляющий данные о цвете объекта в *file* (оттенки цвета, насыщенность и интенсивность)
168. $\oplus\oplus$ **READ_HLS_HUE**(**file**) — массив, представляющий данные об оттенках цвета для объекта в *file*
169. $\oplus\oplus$ **READ_HLS_LIGHT**(**file**) — массив, представляющий данные о яркости цвета для объекта в *file*
170. $\oplus\oplus$ **READ_HLS_SAT**(**file**) — массив, представляющий данные о насыщенности цвета для объекта в *file*
171. $\oplus\oplus$ **READ_HSV**(**file**) — массив, представляющий значения оттенков цвета, яркости и насыщенности для объекта в *file*
172. $\oplus\oplus$ **READ_HSV_HUE**(**file**) — массив, представляющий значение оттенка цвета компонента в *file*
173. $\oplus\oplus$ **READ_HSV_SAT**(**file**) — массив, представляющий значение насыщенности цвета компонента в *file*
174. $\oplus\oplus$ **READ_HSV_VALUE**(**file**) — массив, представляющий значения интенсивности цвета для компонента в *file*
175. **READPRN**(**file**) — присваивание матрице значений из файла с именем *file.prn*
176. $\oplus\oplus$ **READRED**(**file**) — массив, соответствующий красному цвету компонента в *file*

177. **READRGB(file)** — массив, состоящий из трех подмассивов, которые представляют соответственно красную, зеленую и синюю компоненты цветного изображения, находящегося в файле *file*
178. **regress(Mxy, vz, n)** — вектор, запрашиваемый функцией **interp** для вычисления многочлена n -й степени, который наилучшим образом приближает множества **Mxy** и **vz** (**Mxy** — матрица размера $m \times 2$, содержащая координаты x и y , **vz** — m -мерный вектор, содержащий z координат, соответствующих m точкам, указанным в **Mxy**)
179. \oplus **relax(M1, M2, M3, M4, M5, A, U, x)** — квадратная матрица решения уравнения Пуассона
180. **reverse(v)** — вектор, полученный инвертированием вектора v
181. **rexp(m, r)** — вектор m случайных чисел, имеющих экспоненциальное распределение ($r > 0$)
182. **rF(m, d1, d2)** — вектор m случайных чисел, имеющих распределение Фишера ($d_1, d_2 > 0$ определяет степени свободы)
183. **rgamma(m, s)** — вектор m случайных чисел, имеющих гамма-распределение ($s > 0$ — параметр масштаба)
184. **rgeom(m, p)** — вектор m случайных чисел, имеющих геометрическое распределение ($0 < p < 1$)
185. \oplus **rkadapt(v, x1, x2, acc, n, F, k, s)** — матрица, содержащая таблицу значений решения задачи Коши на интервале от x_1 до x_2 для системы обыкновенных дифференциальных уравнений, выполненного методом Рунге—Кутта с переменным шагом (правые части системы записаны в **F**, n — число шагов, k и s — размеры шага)
186. **Rkadapt(v, x1, x2, n, F)** — матрица решения системы обыкновенных дифференциальных уравнений численным методом Рунге—Кутта с переменным шагом на интервале от x_1 до x_2 (правые части уравнений в символьной форме задаются в векторе **F**, n — минимальное число шагов решения)
187. **rkfixed(v, x1, x2, n, F)** — матрица решения системы обыкновенных дифференциальных уравнений методом Рунге—Кутта на интервале от x_1 до x_2 при n фиксированных шагах решения и правыми частями уравнений, записанными в векторе **F**
188. **rlnorm(m, μ , σ)** — вектор m случайных чисел, имеющих логарифмическое нормальное распределение (μ — логарифм среднего значения, $\sigma > 0$ — логарифм стандартного отклонения)
189. **rlogis(m, l, s)** — вектор m случайных чисел, имеющих последовательное распределение (l — параметр локализации из — параметр масштаба)
190. **mbinom(m, n, p)** — вектор m случайных чисел, имеющих негативное биномиальное распределение ($0 < p \leq 1$, n — целое число, которое удовлетворяет условию $n > 0$)
191. **rnd(x)** — псевдослучайное число с равномерным распределением в интервале $[0, x]$

192. **rnorm**(**m**, μ , σ) — вектор m случайных чисел с нормальным распределением
193. **root**(*expr*, *var*) — значение переменной *var*, при которой выражение *expr* равно нулю (в пределах точности, задаваемой системной переменной TOL)
194. **rows**(**A**) — число строк матрицы **A**
195. **rpois**(**m**, **X**) — вектор m случайных чисел, имеющих распределение Пуассона (параметр $\lambda > 0$)
196. **rref**(**A**) — ступенчатый вид матрицы **A**
197. **rsort**(**A**, n) — матрица **A**, отсортированная по строке n (перестановка столбцов по возрастанию значений элементов в строке n)
198. **rt**(m , d) — вектор m случайных чисел, имеющих распределение t-Стьюдента ($d > 0$)
199. **riiunif**(m , a , b) — вектор m случайных чисел, имеющих равномерное распределение (a и b — границы интервала, причем $a < b$)
200. \oplus **rweibull**(m , s) — вектор m случайных чисел, имеющих распределение Вейбулла ($s > 0$ — параметр формы)
201. \oplus **sbval**(**v**, x_1 , x_2 , **F**, **L**, **S**) — установка начальных условий для краевой задачи, определенной в символьном векторе **F**, вектор **v** — начальные условия на интервале $[x_1, x_2]$
202. **sec**(z) — секанс
203. **sech**(z) — гиперболический секанс
204. **series** — ключевое слово режима автоматических символьных преобразований, задающее разложение функции в ряд
205. **simplify** — ключевое слово режима автоматических символьных преобразований, задающее упрощение выражения
206. **sin**(z) — синус
207. **sinh**(z) — гиперболический синус
208. **slope**(**vx**, **vy**) — коэффициент b функции линейной регрессии $y = a + b \cdot x$ для точек, координаты которых заданы векторами **vx** и **vy** одинакового размера
209. **sort**(**v**) — вектор **v**, отсортированный по убыванию значений элементов
210. **stack**(**A**, **B**) — множество, сформированное путем расположения **A** над **B** (множества **A** и **B** должны иметь одинаковое число столбцов)
211. **stdev**(**v**) — стандартное отклонение для элементов вектора **v**
212. \oplus **stiffb**(**v**, x_1 , x_2 , *асс*, n , **F**, **J**, k , s) — матрица решений жесткого дифференциального уравнения, записанного в **F** и функции Якобиана **J**, методом Булириш-Штера с переменным шагом (**v** — вектор начальных значений на интервале $[x_1, x_2]$)
213. \oplus **Stiffb**(**v**, x_1 , x_2 , n , **F**, **J**) — матрица решений жесткого дифференциального уравнения, записанного в **F** и функции Якобиана **J**, методом Булириш-Штера с постоянным шагом (**v** — вектор начальных значений на интервале $[x_1, x_2]$)

214. \oplus **stiffr**(**v**, x_1 , x_2 , **асс**, **n**, **F**, **J**, **k**, **s**) — матрица решений жесткого дифференциального уравнения, записанного в **F** и функции Якобиана **J**, методом Розенброка с переменным шагом (**v** — вектор начальных значений на интервале $[x_1, x_2]$)
215. \oplus **Stiffr**(**v**, x_1 , x_2 , **n**, **F**, **J**) — матрица решений жесткого дифференциального уравнения, записанного в **F** и функции Якобиана **J**, метод Розенброка с постоянным шагом (**v** — вектор начальных значений на интервале $[x_1, x_2]$)
216. **submatrix**(**A**, **ig**, **jr**, **ic**, **jc**) — блок матрицы **A**, состоящий из элементов, общих для строк от **ig** до **jr** и столбцов от **ic** до **jc** (**ig**>**jr** и **ic**>**jc**)
217. $\oplus\oplus$ **str2num**(**S**) — преобразование строкового представления числа (в любой форме) в реальное число
218. $\oplus\oplus$ **str2vec**(**SV**) — преобразование строки **S** с записями чисел в строковом формате в реальный вектор
219. $\oplus\oplus$ **strlen**(**S**) — количество знаков в строке **S**
220. $\oplus\oplus$ **substr**(**S**, **m**, **n**) — подстрока, полученная из строки **S** выделением **n** знаков, начиная с позиции **m** в строке **S**
221. \oplus **supsmoot**(**vx**, **vy**) — **n**-мерный вектор, сглаживающий зависимость $y(x)$, представленную точками с координатами, хранящимися в векторах **vy** и **vx**
222. \oplus **svd**(**A**) — сингулярное разложение матрицы **A** размером $m \times n$, при этом $\mathbf{A} = \mathbf{USV}^T$, где **U** и **V** — ортогональные матрицы размером $m \times m$ и $n \times n$ соответственно (**S** — диагональная матрица, на диагонали которой расположены сингулярные числа матрицы **A**)
223. \oplus **svds**(**A**) — вектор, содержащий сингулярные числа матрицы **A** размером $m \times n$, где $m > n$
224. **tan**(**z**) — тангенс
225. **tanh**(**z**) — гиперболический тангенс
226. **tr**(**M**) — след матрицы **M**
227. **until**(выражение1, выражение2) — условное выражение, возвращающее выражение1, пока выражение2 отрицательно
228. **var**(**v**) — вариация элементов вектора **v**
229. **wave**(**v**) — дискретное волновое преобразование вещественных данных с использованием 4-коэффициентного волнового фильтра Даубечи (вектор **v** должен содержать 2^n действительных значений, где **n** — целое число)
230. **WRITE**(**file**) — запись отдельного значения в файл данных под именем **file**
231. **WRITEBMP**(**file**) — запись черно-белого изображения в BMP-файл с именем **file**
232. **WRITEPRN**(**file**) — запись матрицы в файл с именем **file**
233. **WRITERGB**(**file**) — запись цветного изображения в файл с именем **file** (изображение состоит из трех подматриц, соответствующих красной, зеленой и синей составляющих изображения)

234. $Y_0(x)$ — функции Бесселя второго рода нулевого порядка (x — действительное и положительное значение, m — от 0 до 100)
235. $Y_1(x)$ — функции Бесселя второго рода первого порядка (x — действительное и положительное значение, m — от 0 до 100)
236. $Y_n(m, x)$ — функция Бесселя n -ю порядка второго рода (x — действительное и положительное значение, m — от 0 до 100)
237. $\delta(y)$ — символ Кронекера (1, если $x=y$, и 0, если x не равно y , x и y — целочисленные величины)
238. $\varepsilon(i, j, k)$ - единичный полностью асимметричный тензор третьего ранга. i, j и k должны быть целыми числами от до (или между $ORIGIN$ и $ORIGIN+2$, если $ORIGIN \neq 0$). Результат равен 0, если любые два аргумента равны, 1 - если три аргумента являются чётной перестановкой (0, 1, 2), и минус 1, если три аргумента являются нечётной перестановкой (0, 1, 2).
239. $\Gamma(z)$ гамма-функция
240. $\oplus \Phi(x)$ - ступенчатая функция Хевисайда, возвращающая 1, если $x \geq 0$, и 0 в противном случае.

Приложение 3

Перечень сообщений об ошибках

Ниже представлен список основных сообщений об ошибках с их переводом на русский язык:

array size mismatch	— несоответствие размера массива;
cannot be defined	— не может быть определено;
cannot take subscript	— не может содержать нижних индексов;
definition stack overflow	— переполнение стека определений;
did not find solution	— решение не найдено;
dimension to non real power	— размерность в не вещественной степени;
domain error	— ошибка области определения;
duplicate	— дублирование;
equation too large	— слишком большое выражение;
error in constant	— ошибка в константе;
error in list	— ошибка в списке;
error in solve block	— ошибка в блоке;
file error	— ошибка в файле;
file not found	— файл не найден;
illegal array operation	— неверная операция с массивом;
illegal context	— неверный контекст;
illegal factor	— неверный множитель;
illegal function name	— неверное имя функции;
illegal ORIGIN	— неверное употребление ORIGIN;
illegal range	— неправильный диапазон;
illegal tolerance	— некорректная точность аппроксимаций
incompatible units	— несовместимые единицы;
index out of bounds	— индекс вне границ;
interrupted	— прервано;
invalid order	— неверный порядок;
list too long	— слишком длинный входной список;
misplaced comma	— неуместная запятая;
missing operand	— пропущенный операнд;
missing operator	— пропущенный знак операции;

must be 3-vector	— должно быть трехмерным вектором;
must be array	— должно быть массивом;
must be dimensionless	— должно быть безразмерным;
must be increasing	— должно быть возрастающим;
must be integer—	— должно быть целым;
must be nonzero	— должно быть ненулевым;
must be positive	— должно быть положительным;
must be range	— должен быть диапазон;
must be real	— должно быть вещественным;
must be scalar	— должно быть скаляром;
must be vector	— должно быть вектором;
nested solve block	— следующий блок решения;
no matching Given	— нет соответствующего Given;
no scalar value	— не скалярная величина;
not a name	— не является именем;
not converging	— не конвертируется;
only one array allowed	— допустим только один массив;
overflow	— переполнение;
significance lost	— потеряны значащие цифры;
singularity	— деление на нуль;
stack overflow	— переполнение стека;
subscript too large	— слишком большой нижний индекс;
too few arguments	— слишком мало аргументов;
too few constraints	— слишком мало ограничений;
too few elements	— слишком мало элементов;
too few subscripts	— мало нижних индексов;
too large to display	— слишком велико, чтобы отобразить;
too many arguments	— слишком много аргументов;
too many constraints	— слишком много ограничений;
too many points	— слишком много точек;
too many subscripts	— слишком много индексов;
undefined	— не определено (имя функции или переменной);
unmatched parenthesis	— дисбаланс скобок;
wrong size vector	— неверный размер вектора.

Приложение 4

Системные переменные MathCAD

Ниже представлены наименования системных переменных, правила их ввода и назначение:

Объект	Ввод	Назначение
π	Ctrl+P	Число π (3.14..)
e	e	Основание натурального логарифма (2.71..).
∞	Ctrl+Shift+Z	Системная бесконечность (10^{307})
%	%	Процент (0.01)
TOL		Погрешность численных методов (0.001)
ORIGIN		Нижняя граница индексации массивов (0)
PRNCOLWIDTH		Число столбцов оператора WRITEPRN (8)
PRNPRECISION		Число десятичных знаков, используемых оператором WRITEPRN (4)
FRAME		Переменная счетчика кадров при работе с анимационными рисунками (0)

Приложение 5

Примеры контрольных заданий

1. Используя операторы программирования, найти сумму ряда

$$a_i = \frac{10^i}{i!}, \text{ с точностью } |a_i| < 10^{-15}.$$

и построить график функции $a(i)$.

2. Запрограммировать вычисление функции

$$y(x) = \begin{cases} \sin^2(x) & \text{если } x \in [0, \pi/2], \\ 0 & \text{иначе.} \end{cases}$$

и построить её график.

3. Решить систему трех линейных уравнений

$$5x_1 + 2x_3 - 22x_2 = 8,$$

$$2x_1 + 3x_2 + 13x_3 = 2,$$

$$5x_3 + 2x_2 - 18x_1 = 4.$$

4. Задать функцию

$$y = \int_0^2 \pi \frac{\sqrt{x^2 + t^2}}{a} dt$$

и построить её графики при $a = 1$ и $a = 2$