

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Степанов Павел Иванович  
Должность: Руководитель НТИ НИЯУ МИФИ  
Дата подписания: 27.02.2026 07:57:10  
Уникальный программный ключ:  
8c65c591e26b2d8e460927740cf752622aa3b295

**НОВОУРАЛЬСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
М И Ф И**

Кафедра “Информатика и программирование”

**ВВЕДЕНИЕ В MATHCAD 2000**

Методическое пособие

Новоуральск 2001

Автор

Николаев Николай Александрович

Рецензент

к.т.н., доцент Дюгай Павел Алексеевич

Методическое пособие по курсам “Информатика”, “Вычислительные методы в инженерных расчетах”, “Компьютерные технологии в экономике” для специальностей 0608, 1201, 2004, 2101, 3401.

Пособие представляет собой описание начальной работы в системе MathCad и решение математических задач, связанных с векторами, матрицами и построением графиков.

Содержит 48 рисунков, 7 таблиц, 15 библиографических названий.

Пособие может использоваться при самостоятельном изучении системы MathCad.

Методическое пособие рассмотрено на заседании кафедры  
№ 32, 13.02.2001 г.

Зав.кафедрой

Н.А.Николаев

СОГЛАСОВАНО:

Председатель методической  
комиссии

А.Е.Беляев

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	5
<b>1 НАЧАЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ О СИСТЕМЕ MATHCAD</b> .....	7
1.1 Основные возможности .....	7
1.2 Отличия MathCad 2000 от предыдущих версий .....	8
1.3 Способ записи и соглашения .....	9
1.4 Основное окно MathCad .....	10
1.5 Быстрый старт .....	11
1.5.1 Простые вычисления .....	11
1.5.2 Определения и переменные .....	12
1.5.3 Ввод текста .....	12
1.5.4 Определение дискретного аргумента .....	13
1.5.5 Определение функции .....	14
<b>2 РЕДАКТИРОВАНИЕ ФОРМУЛ</b> .....	15
2.1 Ввод математических выражений .....	15
2.2 Управление линией редактирования .....	17
2.3 Редактирование выражений .....	17
2.3.1 Вставка оператора .....	17
2.3.2 Удаление оператора .....	18
2.3.3 Замена оператора .....	19
2.3.4 Вставка знака минус .....	19
2.3.5 Вставка и удаление скобок .....	20
2.3.6 Применение функции к выражению .....	21
2.3.7 Перемещение частей выражения .....	21
2.4 Изменение компоновки документа .....	22
<b>3 ТЕКСТОВЫЕ ОБЛАСТИ</b> .....	23
3.1 Создание текстовой области .....	23
3.2 Редактирование текста .....	23
3.3 Математические выражения в тексте .....	24
<b>4 ПЕРЕМЕННЫЕ И КОНСТАНТЫ</b> .....	25
4.1 Имена .....	25
4.2 Предопределенные переменные .....	25
4.3 Числа .....	26

<b>5 УРАВНЕНИЯ И ВЫЧИСЛЕНИЯ</b> .....	27
5.1 Определение переменных .....	27
5.2 Определение функции .....	28
5.3 Как MathCad просматривает рабочий документ .....	28
5.4 Дискретные аргументы .....	29
5.5 Глобальные определения .....	30
5.6 Управление вычислениями .....	31
5.7 Форматирование результатов .....	32
<b>6 ВЕКТОРА И МАТРИЦЫ</b> .....	34
6.1 Создание вектора или матрицы .....	34
6.2 Верхние индексы и столбцы матрицы .....	39
6.3 Изменение значения ORIGIN .....	39
6.4 Отображение векторов и матриц .....	40
6.5 Векторные и матричные операторы .....	41
6.6 Встроенные функции для работы с массивами .....	43
<b>7 ГРАФИКИ</b> .....	46
7.1 Графики в декартовых координатах .....	46
7.1.1 Создание простейшего графика .....	46
7.1.2 Графическое представление векторов .....	47
7.1.3 Размещение нескольких графиков на одном поле .....	48
7.1.4 Форматирование графиков .....	49
7.2 Графики в полярных координатах .....	55
7.3 Графики поверхностей .....	57
<b>8 ВСТРОЕННЫЕ ОПЕРАТОРЫ И ФУНКЦИИ</b> .....	62
8.1 Список операторов .....	62
8.2 Вычисление производных .....	62
8.3 Вычисление интегралов .....	64
8.4 Встроенные функции .....	66
<b>9 ЗАДАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ НА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТАХ</b> .....	69
9.1 Построение выражений .....	69
9.2 Редактирование формул .....	70
9.3 Вычисления .....	70
9.4 Вектора .....	71
9.5 Матрицы .....	73
9.6 Построение графиков .....	75
9.7 Встроенные операторы и функции .....	76



## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время для выполнения научно-технических и математических расчетов все чаще используются не традиционные языки программирования, а специальные программные комплексы типа MathCad, MatLab, Maple, Mathematica и другие.

Математические пакеты, в особенности MathCad - самый популярный в России из приведенного списка, позволяют специалистам в конкретной научно-технической области очень быстро освоить работу на компьютере и реализовать на них математические модели, не вдаваясь в тонкости программирования на алгоритмических языках.

Функционально MathCad содержит текстовый редактор, мощный вычислитель и графический процессор. Это позволяет готовить документы, по виду напоминающие статьи или разделы из книг. Язык общения с пользователем в системе MathCad приближен к обычному математическому языку.

Выбор литературы по описанию системы MathCad в настоящее время достаточно широк. Здесь есть журнальные публикации [1-5]; краткий справочник [6], посвященный описанию одной из первых версий MathCad для DOS; полное описание версии 6.0 PLUS [7], которое автор рекомендует всем желающим глубоко изучить пакет; книги [8-13], содержащие описание работы в различных версиях MathCad; методические пособия НПИ МИФИ [14,15].

Создание настоящего пособия обусловлено тем, что на компьютерах кафедры информатики и программирования НПИ в настоящее время установлена последняя версия пакета MathCad 2000, которая имеет достаточно серьезные отличия от рассмотренных в работах [8-15] версий. Кроме того, установленная версия имеет русифицированную систему меню, которая не описана ни в одной из перечисленных выше работ.

За основу пособия взята работа [14], в которой разделы 2 и 3 переписаны полностью, а в остальные внесены изменения, связанные с новым интерфейсом пакета, добавившимися новыми возможностями, русскоязычной системой меню. Переделаны практически все рисунки документа, добавлено два новых раздела – «Графики» и «Встроенные операторы и функции». Кроме этого, при написании пособия был учтен пятилетний опыт преподавания данного курса.

Настоящее пособие предназначено для студентов всех специальностей, изучающих курсы «Информатика», «Решение инженерных задач на ЭВМ», «Вычислительные методы в инженерных расчетах», «Компьютерные технологии в экономике», а также для сотрудников и преподавателей, которые в своей работе встречается с необходимостью вести математические расчеты различной сложности.

В дальнейшем предполагается создание продолжения данного пособия, описывающего решение математических задач в системе MathCad 2000.

В разделах 1 - 5 содержится информация, необходимая любому пользователю MathCad: основные способы работы с документами, приемы редактирования уравнений и текста, пояснение вычислительных особенностей системы, работа с переменными и константами, определение переменных и функций.

Раздел 6 посвящен достаточно детальному описанию массивов в MathCad, приемам их создания и отображения, использованию векторов и матриц в вычислениях, матричным операторам и функциям. Материал, изложенный здесь, хотя и не претендует на полное описание всех возможностей MathCad для работы с матрицами и век-

торами, но достаточен для решения практически любой задачи, с которой может столкнуться студент в процессе обучения.

В разделе 7 подробно рассмотрены вопросы создания различных видов графиков MathCad, изменения их представления и оформления.

Раздел 8 посвящен описанию операторов и функций MathCad, за исключением относящихся к векторам и матрицам, которые рассмотрены в разделе 6. Здесь содержатся списки основных операторов и функций, описано, как вводить и использовать их.

В разделе 9 приведены задания студентам, выполняющим лабораторные и практические работы по курсам, включающим в себя изучение MathCad. Эта часть пособия может быть также использована при самостоятельном изучении интегрированного пакета, а для возможности самоконтроля некоторые задачи снабжены ответами.

# 1 НАЧАЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ О СИСТЕМЕ MATHCAD

## 1.1 Основные возможности

MathCad является мощной системой для работы с формулами, числами, текстами и графиками и предоставляет пользователю возможности электронной таблицы и интерфейс WYSIWYG текстового процессора. Ввод уравнений в MathCad полностью совпадает с привычной типографской математической записью.

Как и в электронных таблицах, любое изменение содержимого рабочего документа вызывает обновление всех зависимых результатов и перерисовку графиков. MathCad позволяет легко читать данные из файлов и подвергать их любой математической обработке: от сложения до вычисления интегралов и производных, обращения матриц и т.д.

С помощью формул MathCad можно решить почти любую математическую задачу аналитически (символьно) либо численно. Объединяя в одном документе текст, графику и математические выкладки, MathCad облегчает понимание самых сложных вычислений.

Ниже приведен краткий список основных характеристик MathCad.

### ИНТЕРФЕЙС

- Свободная форма записи, подобная классной доске;
- Возможность комбинирования текста, математических выкладок, графиков и рисунков в любом месте документа;
- Вырезка и вставка уравнений, текста, графики;
- Контекстная интерактивная система справок.

### ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ

- Точность представления чисел - 15 верных десятичных цифр;
- Двоичные, восьмеричные, десятичные, шестнадцатеричные числа;
- Основные встроенные алгоритмы:
  - решения систем уравнений и неравенств;
  - работы с комплексными числами, переменными, функциями;
  - вычисления сумм, произведений, производных, интегралов;
  - интерполяции и аппроксимации (линейная, кубическими сплайнами);
  - быстрых преобразований Фурье;
  - решения дифференциальных уравнений;
  - работы с матрицами.
- Основные встроенные функции:
  - тригонометрические;
  - трансцендентные;
  - дискретных преобразований;
  - статистические;
  - теории чисел и комбинаторика;
  - регрессии и сглаживания;
  - обработки сигналов;

- текстовые.

## СИМВОЛЬНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ

- Символьное дифференцирование и интегрирование;
- Обращение, транспонирование матриц;
- Разложение выражений на множители;
- Решение уравнений.

## ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКОВ

- Многообразие типов графиков (декартовы, полярные координаты; построение поверхностей, линий уровня; картины векторных полей; гистограммы; точечные графики);
- Оси графиков могут иметь линейный или логарифмический масштаб;
- Возможность выбора типа, толщины и цвета линии, используемой для построения графика;
- Построение графиков поверхностей в трех измерениях с различными ракурсами просмотра и в разных масштабах.

## ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕКСТА И РАБОЧЕГО ДОКУМЕНТА

- Размещение текста в любом месте рабочего документа;
- Возможность использования шрифтов различных стилей в любой текстовой области;
- Форматирование параграфов.

### **1.2 Отличия MathCad 2000 от предыдущих версий**

- Кардинально переработанный и приближенный к интерфейсу MS Office пользовательский интерфейс;
- Возможность выделения частей математических выражений буксировкой мышью;
- Быстрое построение (QuickPlot) двумерных и трехмерных графиков;
- Новая палитра символьной математики с расширенными операторами;
- Более удобный и наглядный синтаксис символьных операций;
- Новые операторы программирования on error, continue, return;
- Возможность применения в программах операторов символьных операций;
- Новый тип данных – строковые;
- Появление оперативного центра ресурсов (Resource Center) вместо быстрых “шпаргалок” QuickSheet;
- Около 50 новых математических функций, из которых следует особо отметить функции нахождения максимумов и минимумов maximize, minimize, а также функцию odesolve решения дифференциальных уравнений;
- улучшенный блок решения систем нелинейных уравнений (теперь их число может достигать 200);

- Возможность выбора численного метода решения некоторых задач (например, численного интегрирования);
- Улучшенные средства форматирования текста;
- Функции редактирования Find и Replace (найти и заменить);
- Возможность записи документов в формате HTML;
- Существенно улучшенные средства для работы с трехмерными графиками.

Все это дает пользователю новые возможности и новые удобства в работе с системой MathCad, подтверждая её репутацию как одной из самых массовых и удобных в работе математических систем.

### 1.3 Способ записи и соглашения

В данном пособии приняты следующие способы записи:

- символы, которые необходимо ввести с клавиатуры, набраны шрифтом Courier;
- команды меню набраны полужирным шрифтом, например, выражение **Правка/Область/Разделить** означает, что нужно выбрать в главном меню пункт **Правка**, из появившегося списка - команду **Область**, а затем - команду **Разделить**;
- обозначения функциональных клавиш на клавиатуре заключены в квадратные скобки, например, [Del] – клавиша Delete.

■ Зачерненные квадраты отмечают этапы выполнения операций.

- Точки обозначают элементы перечисления.

Под щелчком мыши понимается щелчок левой кнопкой мыши, если специально не указано обратное.

Если в тексте пособия набраны пробелы в уравнении, то при вводе с клавиатуры их можно не вводить. MathCad автоматически вставляет пробелы в нужных местах.

## 1.4 Основное окно MathCad

После запуска (Программа/Математика/MathCad) на экране появляется основное окно MathCad, показанное на рисунке 1.1.

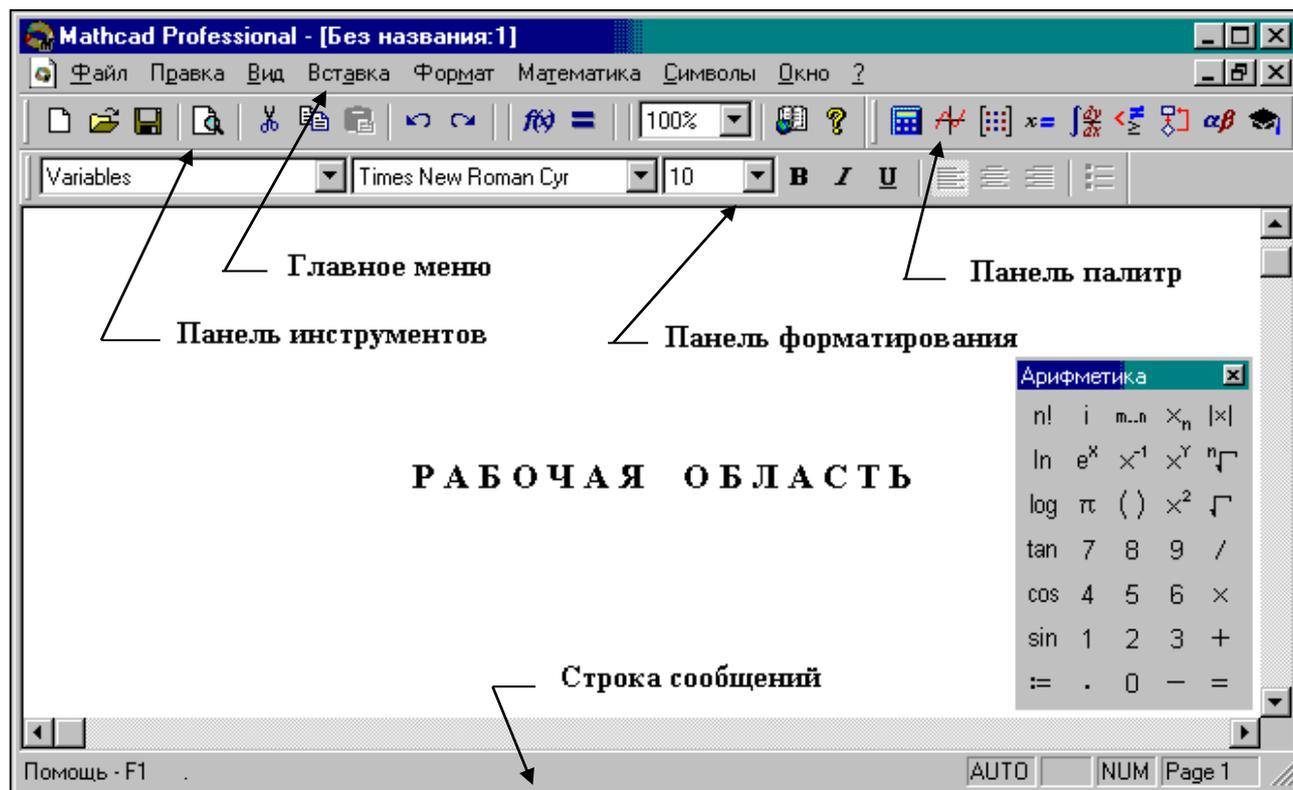


Рис. 1.1 - Основное окно MathCad.  
(Открыта палитра общих арифметических операторов).

Каждая кнопка в панели палитр открывает одну из рабочих палитр, которые служат для вставки операторов, греческих букв, графиков и т.п. Список палитр в порядке их расположения:

-  общие арифметические операторы;
-  инструменты графиков;
-  матричные и векторные операции;
-  операторы вычислений и присвоений;
-  производные, интегралы, пределы, ряды;
-  знаки булевой алгебры;
-  инструменты программирования;
-  греческие буквы;
-  символные операторы.

Многие команды меню можно быстро вызвать, нажав кнопку на панели инструментов. Для того, чтобы узнать, что делает кнопка или палитра, достаточно нажать на нее, при этом появляется строка сообщений. Если активизировать кнопку не нужно, то достаточно ухватить ее указателем, не отпуская кнопку мыши.

Под панелью инструментов располагается панель форматирования. Она содержит шаблоны выбора и кнопки, используемые для задания характеристик шрифтов в математических и символьных выражениях.

Каждая из рассмотренных компонент может быть выведена на экран либо скрыта с помощью соответствующей команды из меню **Вид/Панели инструментов**. Так, например, на ПЭВМ кафедры ИиП скрыта панель форматирования, которая занимает достаточно много места на экране и используется очень редко.

Любая из этих компонент может быть перемещена в произвольное место окна. Для этого нужно поместить указатель мыши в любое место компоненты, кроме кнопок и текстовых элементов, и произвести буксировку в желаемое место. Панель инструментов и палитра символов будут автоматически перестраиваться соответственно месту экрана, в которое они попадают, а полоса шрифта всегда сохраняет свою форму.

## **1.5 Быстрый старт**

### **1.5.1 Простые вычисления**

В простейшем случае MathCad можно использовать как большой калькулятор. Пример таких вычислений показан ниже по шагам.

└ После щелчка в любом месте рабочей области появляется небольшой крестик. Ввод с клавиатуры будет размещаться теперь, начиная с места расположения крестика.

└ Введите  $15 - 8 / 104.5 =$

После набора знака  $=$  MathCad вычисляет выражение и выводит результат.

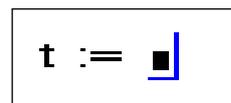
$$15 - \frac{8}{104.5} = 14.923$$

Этот пример демонстрирует следующие особенности работы MathCad.

- MathCad отображает формулы в точности в том виде, как их печатают в книгах или пишут на доске. MathCad подбирает размеры для знаков деления, скобок и других математических символов, чтобы они выглядели на экране так, как их обычно пишут на бумаге.
- После ввода знака  $=$  MathCad показывает результат.
- После ввода оператора (например,  $-$  или  $/$ ) MathCad показывает небольшой черный прямоугольник, называемый полем ввода, в который необходимо записать число либо выражение.

## 1.5.2 Определения и переменные

Для того чтобы определить переменную, например  $t$ , нужно ввести  $t$ : (символ  $t$ , за ним - двоеточие). На экране после имени переменной появляется знак присваивания := и поле ввода.



Теперь нужно ввести значение переменной, например, 10, чтобы завершить определение переменной.

Итак, чтобы определить любую переменную нужно:

- напечатать имя переменной, которую нужно определить;
- напечатать двоеточие, чтобы ввести символ присваивания;
- напечатать значение, присваиваемое переменной. Значение может быть не только простым числом, но и более сложным выражением, содержащим числа и ранее определенные переменные.

MathCad читает рабочий документ сверху вниз и слева направо. Определив переменную, ее можно использовать в вычислениях везде ниже и правее равенства, которым она определена.

Определим еще одну переменную. Для этого нажмем [Enter], крестик переместится под предыдущее равенство. Напечатаем  $a : -9.8$  и снова нажмем [Enter].

Теперь, когда переменные  $t$  и  $a$  определены, их значения могут быть использованы в других выражениях. Наберем  $a/2$  [Space]\* $t^2$  и нажмем знак равенства. Результаты нашей работы представлены на рис. 1.2. Окно теперь содержит два определения и одно вычисление.

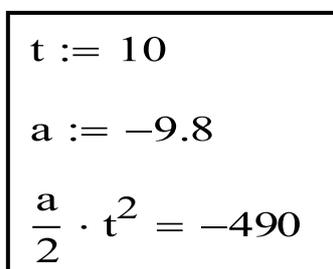

$$\begin{aligned} t &:= 10 \\ a &:= -9.8 \\ \frac{a}{2} \cdot t^2 &= -490 \end{aligned}$$

Рис. 1.2 - Вычисления с переменными.

MathCad пересчитывает результаты сразу после внесения любых изменений в рабочий документ. Например, если заменить число 10 на экране на какое-нибудь другое, MathCad изменит результат, как только будет нажата клавиша [Enter] или будет произведен щелчок вне уравнения.

## 1.5.3 Ввод текста

Вычисления в MathCad обычно сопровождаются примечаниями и комментариями. Для того чтобы ввести текст нужно щелкнуть в свободном месте и вызвать пункт меню **Вставка/Текстовая область** или нажать клавишу с двойной кавычкой [“].

Ниже приведен пример ввода текста.

- )] Установить щелчком мыши крестик справа от введенных уравнений.
- )] Нажать [ “ ]. MathCad заменит крестик на красную вертикальную линию, называемую маркером ввода, который окружен текстовой рамкой. По мере ввода текста она будет расширяться.
- )] Напечатать текст, например, *Уравнение движения*.
- )] Перевести курсор на следующую строку нажатием [Enter].
- )] Ввести вторую строку текста, например, *падающего тела*.
- )] Щелкнуть на свободном месте рабочей области, чтобы завершить ввод текста.

На рис. 1.3 показан рабочий документ с двумя строками текста.

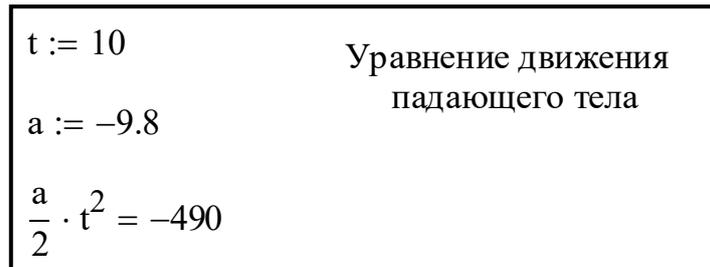


Рис. 1.3 - Рабочий документ с текстовой областью.

#### 1.5.4 Определение дискретного аргумента

Для того чтобы вычислить выражение для диапазона значений, сначала определим дискретный аргумент. В примере, показанном на рис. 1.3, можно, например, вычислить результаты для диапазона значений  $t$  от 10 до 20 с шагом 1. Это делается следующим образом.

- )] Отредактируем определение  $t$ , чтобы сделать переменную дискретной. Для этого щелкнем мышью на 10 в равенстве  $t := 10$ . Указатель ввода должен появиться за 10, как показано справа.
- )] Напечатаем , 11. Это действие определяет следующее число в диапазоне как 11.
- )] Введем ; 20, чтобы определить последнее число в диапазоне, как 20. MathCad изображает символ ; как две точки подряд.

$t := 10|$

$t := 10, 11|$

$t := 10, 11.. 20|$

После щелчка мышью вне равенства, MathCad вычисляет его для всех значений  $t$ , входящих в диапазон. Так как  $t$  содержит одиннадцать различных значений, то получается одиннадцать различных ответов. Они отображаются в таблице, как показано на рис. 1.4.

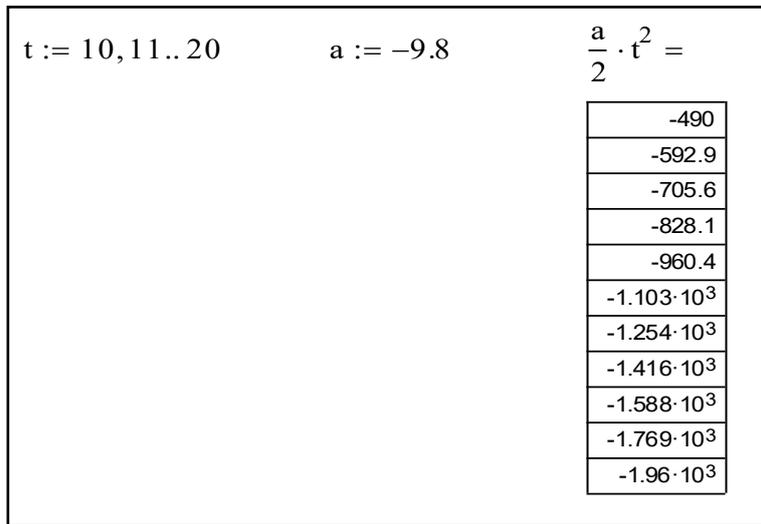


Рис. 1.4 - Создание таблицы ответов на основе дискретного аргумента.

### 1.5.5 Определение функции

Рассмотрим пример определения функции в рабочем документе.

Удалим таблицу, щелкнув под ней мышью и нажав клавишу [Space], чтобы заключить ее в выделяющую рамку. Затем нажмем клавишу [F3].

Введем определение функции, напечатав

$d(t) := 1600 + a/2$  [Space] \*  $t^2$  [Enter]

$d(t) := 1600 + \frac{a}{2} t^2$
----------------------------------

Теперь можно использовать эту функцию, чтобы вычислить значение правой части функции для произвольных значений  $t$ . Для этого нужно подставить вместо  $t$  соответствующее число.

Например, для  $t=12.5$ , достаточно напечатать  $d(12.5) =$ . MathCad возвратит соответствующее значение.

$d(12.5) = 834.375$
---------------------

Чтобы вычислить функцию для каждого значения  $t$  из диапазона, определенного ранее, достаточно щелкнуть мышью внизу других уравнений и ввести  $d(t) =$ . MathCad выведет таблицу значений, показанную на рис. 1.5.

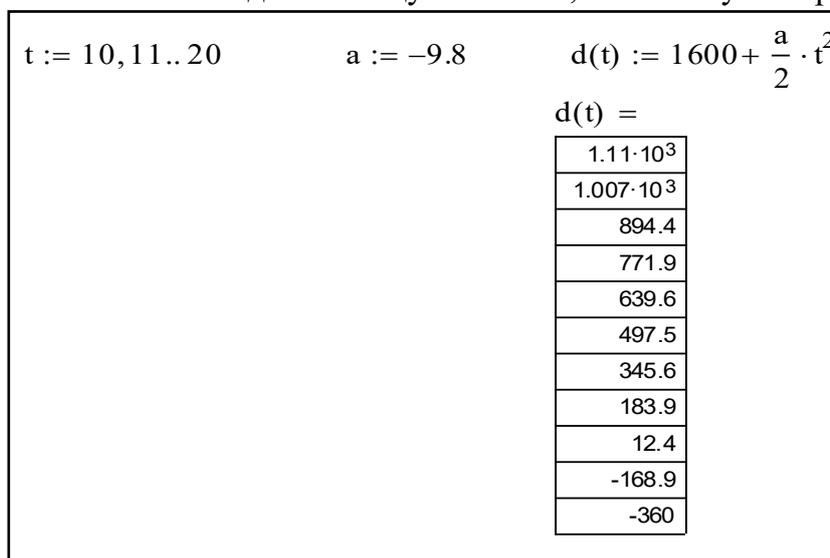


Рис. 1.5 - Использование функции для получения таблицы значений функции.

## 2 РЕДАКТИРОВАНИЕ ФОРМУЛ

### 2.1 Ввод математических выражений

Чаще всего математические выражения создаются просто вводом необходимой последовательности символов. Например, если ввести

$$3/4 + 5^2 = ,$$

то на экране MathCad получится результат:

$$\frac{3}{4 + 5^2} = 0.103$$

Многие из операторов можно вводить, нажимая соответствующие кнопки на различных палитрах операторов, кнопки вызова которых находятся под строкой главного меню. Большинство рабочих математических операторов находятся на арифметической палитре (с изображением калькулятора). Например, вместо того, чтобы печатать  $5^2$ , можно ввести 5, нажать на кнопку  $x^y$  арифметической палитры, а затем ввести 2 в поле ввода.

MathCad строит выражение не так, как это делает обычный текстовый редактор, а соблюдая правила старшинства операций и правила, упрощающие ввод знаменателей, показателей степени, подкоренных выражений и т.д. Например, если ввести /, чтобы создать дробь, то курсор будет оставаться в знаменателе, пока явно не указать на необходимость выхода из знаменателя.

При вводе имен или чисел MathCad ведет себя подобно обыкновенному текстовому редактору, например, Word. Место ввода символов на экране определяет тонкая синяя вертикальная линия – курсор ввода. Клавиши [←], [→] передвигают этот курсор влево и вправо, как в текстовом процессоре. Однако, имеются два важных отличия:

- при движении вправо, вертикальный курсор превращается в угол, который называется *горизонтальной линией редактирования*. Это говорит о том, что данная область рассматривается как *математическая*;
- нажатие клавиши [Space] превращает математическую область в текстовую (горизонтальная линия редактирования исчезает). Обратное преобразование текстовой области в математическую невозможно.

Горизонтальная линия редактирования (далее линия редактирования) в MathCad 2000 заменила выделяющую рамку, которая использовалась в MathCad 6.

Рассмотрим пример ввода следующего выражения

$$\frac{x - 3a^2}{-4 + \sqrt{y + 1} + \pi}.$$

Вводим  $x-3 \cdot a^2$ . Если теперь нажать [ / ], то только 2 станет числителем. Для того чтобы целиком выражение  $x-3a^2$  стало числителем нужно использовать линию редактирования.

$$\frac{x - 3 \cdot a^2}{1}$$

Чтобы выделить  $x-3a^2$  линией редактирования, нажмем [Space]. Каждое нажатие [Space] расширяет область действия линии редактирования. Необходимо нажать [Space] три раза, чтобы выделить все выражение.

$$\frac{x - 3 \cdot a^2}{1}$$

Нажмем [ / ], чтобы создать дробную черту.

$$\frac{x - 3 \cdot a^2}{1}$$

Введем -4+ и щелкнем на кнопке  $\sqrt{\quad}$  на арифметической палитре. Затем напечатаем под радикалом  $y+1$ , чтобы завершить знаменатель.

$$\frac{x - 3 \cdot a^2}{-4 + \sqrt{y + 1}}$$

Чтобы добавить  $\pi$  снаружи корня, дважды нажмем [Space], чтобы выйти из-под корня. Можно также щелкнуть непосредственно на знаке корня

$$\frac{x - 3 \cdot a^2}{-4 + \sqrt{y + 1}}$$

Нажмем [ + ]. Линия редактирования будет охватывать пустое поле ввода.

$$\frac{x - 3 \cdot a^2}{-4 + \sqrt{y + 1} + \quad}$$

Нажмем кнопку  $\pi$  на арифметической палитре.

$$\frac{x - 3 \cdot a^2}{-4 + \sqrt{y + 1} + \pi}$$

Операции деления, возведения в степень и извлечение корня являются в MathCad “цепкими” операциями. Это означает, что после создания одной из этих операций, все затем печатаемое будет частью знаменателя, показателя степени или подкоренного выражения, пока явно не переместить курсор, нажимая [Space]. Следующий пример показывает, как построить выражение

$$x^3 + \frac{1}{a+b} x^{c+d} - \sqrt{x+1} + 1$$

Напечатаем  $x^3$  [Space] .

$$x^3$$

Введем  $+1/a+b$  [Space] [Space]  $\cdot x^{c+d}$  [Space] [Space]

$$x^3 + \frac{1}{a+b} \cdot x^{c+d}$$

Напечатаем  $-\sqrt{x+1}$  [Space] [Space]  $+1$

$$x^3 + \frac{1}{a+b} \cdot x^{c+d} - \sqrt{x+1} + 1$$

## 2.2 Управление линией редактирования

Можно использовать следующие приемы управления линией редактирования.

- Щелчок мышью на операторе. В зависимости от места щелчка слева или справа от оператора появляется курсор ввода (вертикальная линия) с горизонтальной линией редактирования, выделяющий левый или правый операнд. Чтобы передвинуть курсор ввода к другой стороне выделенного выражения, необходимо нажать клавишу **[Insert]**.
- Клавиши **[←]**, **[→]** перемещают вертикальную линию редактирования на один символ.
- Для увеличения области действия линии редактирования необходимо нажать клавишу **[Space]**. После того, как все введенное выражение будет выделено, нажатие **[Space]** приведет к возврату в исходное состояние (см. пример ниже).
- Выделение части выражения можно выполнить буксировкой, выделенная область при этом показывается на экране инверсным цветом. Необходимо отметить, что нажатие любой клавиши непосредственно после этого, как и в любом текстовом редакторе, приведет к перезаписи выделенного выражения.

Пример циклического управления областью редактирования.

- └ В начальной позиции выделенной является переменная “d”.

$$\frac{a + b}{c + d}$$

- └ После нажатия **[Space]** выделяется весь знаменатель.

$$\frac{a + b}{c + d}$$

- └ Очередное нажатие **[Space]** приводит к выделению всего выражения.

$$\frac{a + b}{c + d}$$

- └ Нажатие **[Space]** возвращает выражение в начальное состояние.

$$\frac{a + b}{c + d}$$

## 2.3 Редактирование выражений

### 2.3.1 Вставка оператора

Проще всего вставить оператор между двумя символами в имени или двумя цифрами в константе. Ниже показан пример вставки знака деления между двумя символами.

- └ Поместим курсор в нужном месте.

$$a|b$$

- └ Нажмем **[ / ]** или щелкнем по кнопке  на арифметической палитре.

$$\frac{a}{b}$$

Некоторые операторы (квадратный корень, абсолютная величина и т.д.) требуют только одного операнда. Для вставки его необходимо поместить

курсор слева от операнда и ввести соответствующий оператор с клавиатуры либо с помощью арифметической палитры. Например, чтобы превратить  $x + y$  в  $\sqrt{x+y}$  нужно выполнить следующие действия.

- } Выделить выражение  $x + y$  строкой редактирования.

$$\underline{x + y}$$

- } Нажать на арифметической палитре кнопку  $\sqrt{\quad}$

$$\sqrt{x + y}$$

Следующий пример показывает три способа умножения дроби на константу:

- } Здесь строка редактирования выделяет весь числитель дроби. Любой оператор при этом будет применен только к выделенному выражению.

$$\frac{\underline{a + b}}{c + d}$$

- } Набрал на клавиатуре \*c, мы получим нужное выражение. Отметим, что скобки появляются автоматически.

$$\frac{(a + b) \cdot c}{c + d}$$

- } В данном случае строка редактирования выделяет всю дробь, любой оператор будет применен ко всей дроби.

$$\frac{a + b}{c + d}$$

- } Набираем на клавиатуре \*c.

$$\frac{a + b}{c + d} \cdot c$$

- } Здесь строка редактирования выделяет также все выражение, но курсор находится слева (напомним, что положение курсора в начале или конце строки редактирования управляется клавишей [Insert]).

$$\frac{a + b}{c + d}$$

- } Набор \*c приводит к тому, что константа стала первым операндом полученного выражения.

$$c \cdot \frac{a + b}{c + d}$$

### 2.3.2 Удаление оператора

Для удаления оператора, объединяющего две переменные или константы, необходимо:

- } разместить курсор после оператора.

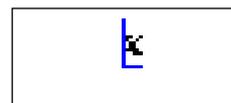
$$a + \text{ | } b$$

- } нажать [BkSp].

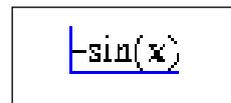
$$ab$$

Аналогично можно удалить, например, знак деления:

) размещаем курсор после горизонтальной черты, определяющей деление.

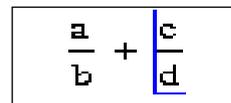


) нажимаем [BkSp].

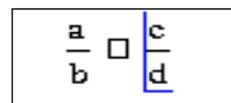


Для удаления одноместного оператора необходимо:

) разместить курсор сразу за символом оператора.



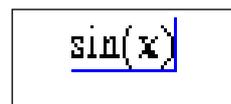
) нажать [BkSp].



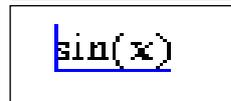
### 2.3.3 Замена оператора

Для замены оператора нужно просто ввести новый оператор после нажатия [BkSp].

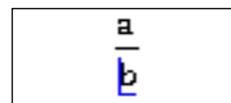
) Разместим курсор сразу за оператором, который нужно удалить.



) Нажмем [BkSp], появится место для ввода нового оператора.



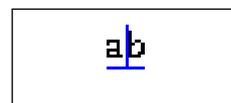
) Введем новый оператор.



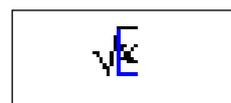
### 2.3.4 Вставка знака минус

Для вставки знака минус перед выражением необходимо переместить курсор в начало строки редактирования клавишей [Insert] и ввести соответствующий символ. Следующий пример показывает, как поставить знак минус перед  $\sin(x)$ .

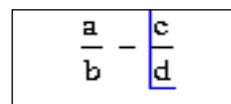
) Щелкнем на  $\sin(x)$ . Если необходимо, нажмем [Space], чтобы выделить все выражение.



) Нажмем [Insert].



) Нажмем [ - ].



### 2.3.5 Вставка и удаление скобок

Как было показано в разделе 2.3.1 MathCad автоматически вставляет скобки там, где это необходимо, но в некоторых случаях, например, для изменения структуры выражения, это приходится делать самому. Скобки можно вставлять сразу парой либо по одной. Рекомендуется первый способ, так как он уменьшает вероятность набора неправильного выражения.

Чтобы вставить в выражение пару скобок:

1) выделим нужную часть выражения линией редактирования;

$$\frac{a+b}{c+d} \cdot c$$

2) щелкнем по кнопке  $\left(\right)$  на арифметической палитре.

$$\left(\frac{a+b}{c+d}\right) \cdot c$$

С помощью вставки скобок по одной, заменим выражение  $a-b+c$  на  $a-(b+c)$ :

1) установим курсор слева от  $b$  и разместим его в начале строки редактирования;

$$a - b + c$$

2) введем  $\left(\right)$  и щелкнем справа от  $c$ . Курсор должен находиться в конце строки редактирования;

$$a - (b + c$$

3) нажмем  $\right)$ .

$$a - (b + c)$$

Отметим, что обратный способ ввода скобок – сначала  $\right)$ , а затем  $\left(\right)$  в MathCad выполнить нельзя.

Удалить скобки можно только парой – при удалении одной скобки MathCad автоматически удаляет ей соответствующую, это позволяет избежать ошибки, связанные с неодинаковым количеством открывающихся и закрывающихся скобок.

Чтобы удалить пару скобок необходимо:

1) установить курсор справа от  $\left(\right)$ ;

$$a + (b + c)$$

2) нажать [BkSp].

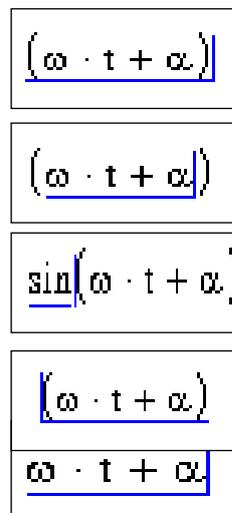
$$a + b + c$$

Эту же операцию можно было выполнить, установив курсор слева от  $\right)$  и нажав кнопку [Delete].

### 2.3.6 Применение функции к выражению

Чтобы сделать выражение аргументом функции, нужно:

- )] выделить выражение, например  $\omega t + \alpha$ , линией редактирования;
- )] нажать на клавишу со знаком апостроф или щелкнуть на кнопку  арифметической панели. Выделенное выражение заключится в скобки;
- )] нажать [Space]. Линия редактирования охватит скобки;
- )] нажать [Insert]. Курсор будет в начале линии редактирования;
- )] напечатать имя функции. Если функция является встроенной, то можно выбрать ее имя на арифметической палитре.



### 2.3.7 Перемещение частей выражения

Команды **Вырезать**, **Копировать**, **Вставить** из меню **Правка** полезны для редактирования сложных выражений. Их действия:

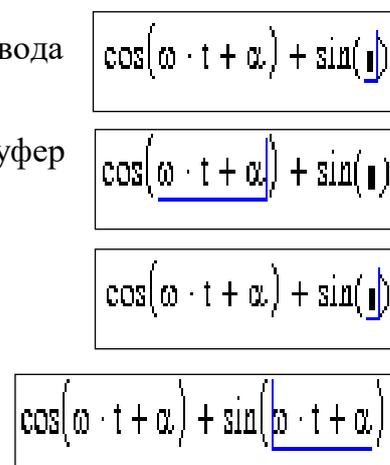
- **Вырезать** удаляет содержимое выделяющей рамки и переносит его в буфер обмена;
- **Копировать** копирует содержимое выделяющей рамки в буфер обмена без удаления;
- **Вставить** помещает содержимое буфера обмена в выделенное поле ввода.

Следующий пример показывает, как использовать эти команды для сокращения объема ввода. Пусть нам нужно записать выражение

$$\cos(\omega t + \alpha) + \sin(\omega t - \alpha).$$

Аргумент синуса почти совпадает с аргументом косинуса, воспользуемся этим и сделаем следующее.

- )] Запишем первое слагаемое и оставим пустым поле ввода для аргумента синуса .
- )] Выделим аргумент косинуса и скопируем его в буфер обмена.
- )] Щелкнем в пустом поле аргумента функции sin.
- )] Выберем **Вставить** из меню **Вставка** или нажмем соответствующую кнопку на панели инструментов.



Осталось заменить знак + на - , как это описано в подразделе **Замена оператора**. Нажмем [ Del ], чтобы удалить плюс, а затем [ - ], чтобы вставить знак минус.

## 2.4 Изменение компоновки документа

В разделе описывается, как изменить расположение текста, формул и графика в рабочем документе.

Перед выполнением любой операции с областями, их необходимо выделить. Выделение производится буксировкой мыши из одной точки документа MathCad в другую. При буксировке на экране показывается прямоугольник, ограниченный пунктирными линиями. Выделенными областями документа после отпускания клавиши мыши будут являться все области, полностью или частично попадающие в этот прямоугольник.

### ***Копирование и перемещение областей***

Как только области выделены, их можно копировать, перемещать и вставлять, используя пункты меню **Правка/Копировать**, **Правка/Вырезать**, **Правка/Вставить** так же, как и любые объекты Windows.

Перемещение областей можно проще осуществлять с помощью мыши, для чего необходимо:

- )] выделить нужные области;
- )] поместить визир в любую выделенную область;
- )] осуществить буксировку мыши в нужное место при этом будут видны прямоугольные контуры перемещаемых областей.

Если место назначения находится за пределами окна нужно просто двигать области в нужную сторону. MathCad будет автоматически прокручивать документ в указанном направлении.

### ***Удаление областей***

Чтобы удалить одну область, необходимо выделить её и выбрать команду **Правка/Вырезать** либо просто нажать клавишу [F3].

Чтобы удалить несколько областей, нужно выделить их и нажать клавишу [F3].

### ***Отделение областей***

При перемещении и редактировании областей в MathCad они могут накладываться одна на другую. Это не влияет на процесс вычислений, но затрудняет прочтение документа.

Можно легко определить, перекрываются области или нет, с помощью команды **Вид/Границы**. MathCad отобразит пустое пространство серым цветом и оставит области белыми.

Чтобы разделить все перекрывающиеся области можно выбрать команду **Формат/Отделить области**. Эта команда перемещает все перекрывающиеся области таким образом, что порядок вычислений остается прежним, но области больше не перекрываются.

### 3 ТЕКСТОВЫЕ ОБЛАСТИ

Текстовые области часто используются в документе для создания комментариев, пояснений, инструкций для внесения изменений и т.п. MathCad игнорирует текст при выполнении вычислений, но позволяет вставлять в текстовые области произвольные математические выражения.

#### 3.1 Создание текстовой области

Для создания текстовой области необходимо:

- )] установить визир в месте, где предполагается начать текстовую область;
- )] выбрать команду **Вставка/Текстовая область** или просто ввести двойные кавычки ( “ ). MathCad создает текстовую область, визир преобразуется в маркер ввода текста (красная вертикальная черточка), появляется текстовая рамка;
- )] начать вводить текст. Вводимый текст обводится текстовой рамкой, которая при печати увеличивается;
- )] после завершения ввода текста щелкнуть мышкой вне текстовой области. Текстовая рамка исчезнет.

Существует более короткий способ создания текстовой области – если в любом месте документа начать вводить произвольные символы, то по умолчанию область ввода будет трактоваться как математическая, но нажатие клавиши «пробел» немедленно преобразует её в текстовую.

Следует отметить, что в отличие от математической области, нажатие клавиши [Enter] приводит не к закрытию её, а просто к переводу маркера ввода текста на новую строку и, соответственно, к расширению текстовой области. Завершить работу с текстом можно только щелчком мыши за пределами области.

#### 3.2 Редактирование текста

Текст редактируется общепринятыми средствами – перемещением места ввода клавишами управления курсором, установкой режимов вставки и замены (клавиша [Insert]), стиранием (клавиши [Del] и [BkSp]), выделением, копированием в буфер, вставкой из буфера и т.д.

Чтобы вставить текст в существующую текстовую область, нужно щелкнуть между любыми двумя символами в тексте. Вокруг текста появится текстовая рамка.

Для изменения ширины текстовой области нужно осуществить буксировку мыши так, чтобы включить текстовую область в выделяющий прямоугольник - выделить текстовую область либо просто щелкнуть мышью внутри области. Теперь можно менять ее размер также, как это делается при изменении размеров любого окна Windows.

Чтобы переместить текстовую область нужно выделить ее, поместить указатель мыши внутрь и буксировать к желаемому месту. Если выделено несколько областей, то они будут передвигаться как группа.

Для ввода греческих символов проще всего открыть палитру греческих символов и нажать нужную кнопку на палитре. Чтобы переписать уже существующий текст греческими символами, нужно выделить требуемый текст и нажать [Ctrl/G].

Возможности MathCad 2000 по сравнению с предыдущими версиями значительно расширены. С помощью команды Формат/Текст можно вызвать диалоговое окно (рис. 3.1), позволяющее изменить соответствующие свойства выделенного текста (как, например, в редакторе MS Word).

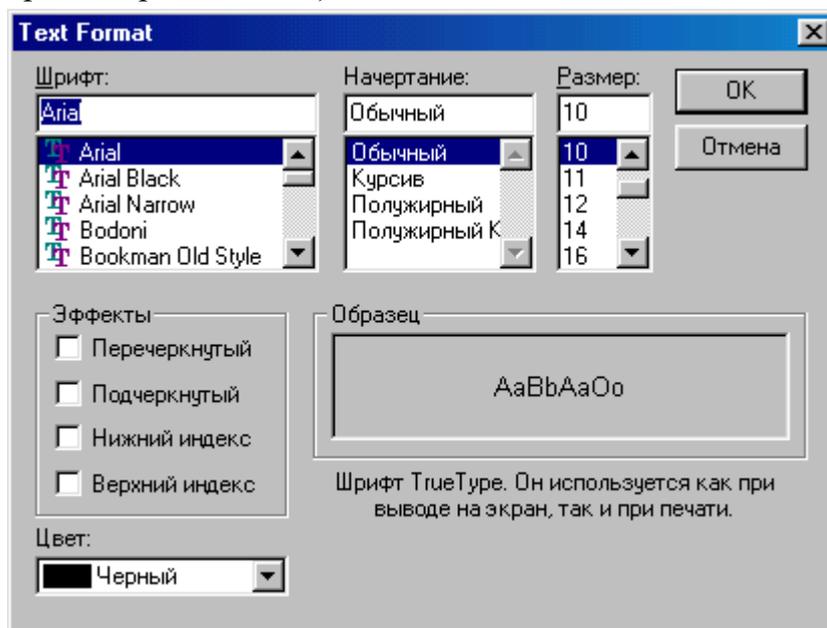


Рис. 3.1 – Диалоговое окно форматирования свойств текста.

### 3.3 Математические выражения в тексте

Математические выражения, вставленные в текст, являются активными, т.е. обладают теми же свойствами, что и в рабочем листе. Их можно вводить и редактировать, используя методы, описанные в предыдущей главе.

Для вставки выражения в текст необходимо:

- )] установить текстовый курсор в нужном месте текста;
- )] выполнить команду **Вставка/Математическая область**, после чего текстовый курсор изменится на формульный;
- )] ввести математическое выражение;
- )] щелкнуть в тексте для возврата в текстовую область.

Иногда возникает необходимость снять активность математических выражений, т.е. оформить их просто как комментарии, без вычислений. В этом случае надо сделать арифметическое выражение невычисляемым – MathCad должен знать, что это просто текст. Чтобы добиться этого нужно:

- )] выделить выражение;
- )] выполнить команду **Формат/Свойства/Вычисления**;
- )] пометить в появившемся диалоговом окне пункт **Запретить вычисления**;
- )] щелкнуть «OK».

## 4 ПЕРЕМЕННЫЕ И КОНСТАНТЫ

### 4.1 Имена

Имена в MathCad могут содержать следующие символы:

- прописные и строчные латинские буквы;
- греческие буквы;
- цифры от 0 до 9;
- знаки подчеркивания (  $\_$  ) и процента (  $\%$  ).

К именам переменных применимы следующие ограничения:

- имя может начинаться только с латинской или греческой буквы;
- все символы в имени должны быть введены шрифтом одной гарнитуры (размер и начертание);
- MathCad не делает различий между именами переменных и именами функций. Таким образом, если определить вначале функцию  $f(x)$ , затем переменную  $f$ , окажется невозможным использовать  $f(x)$  ниже определения  $f$ ;
- MathCad различает в именах символы верхнего и нижнего регистров. Например,  $DEL$  - переменная, отличная от  $del$ . MathCad также различает в именах различные шрифты. Поэтому  $DEL$  - также отлична от **DEL**.

Греческие буквы проще всего ввести, щелкнув по соответствующему символу на палитре греческих символов, помеченной  $\alpha\beta$ .

Если при вводе имени нажать клавишу точки [  $\cdot$  ], то все последующие символы будут отражены как нижний индекс (сама точка показана не будет). Можно использовать этот прием для создания переменных с именами подобными  $A_{init}$ .

Нельзя путать буквенные нижние индексы с нижними индексами массивов. Хотя внешне они выглядят одинаково, смысл их совершенно различен. Буквенный нижний индекс, созданный нажатием точки, является только частью имени переменной. Нижний индекс массива осуществляет ссылку на элемент массива. Нижние индексы массива создаются клавишей левой скобки ( [ ), подробно они описаны в разделе 6.

### 4.2 Предопределенные переменные

MathCad содержит несколько переменных, значения которых определены сразу после запуска программы. Эти переменные называются предопределенными или встроенными.

Хотя эти переменные определены уже при запуске MathCad, их можно переопределять. Например, если нужно использовать переменную  $e$  со значением иным, чем это задано в MathCad, можно ввести новое определение  $e := 2$ . Переменная  $e$  примет в рабочем документе новое значение всюду, ниже этого определения. При необходимости переопределения встроенных переменных необходимо соблюдать регистр, на котором они заданы.

В таблице 4.1 приведены основные предопределенные переменные MathCad.

Таблица 4.1 - Основные predefined переменные MathCad.

$\pi = 3.1415\dots$	$\pi$ В численных расчетах используются 15 значащих цифр.
$e = 2.71828\dots$	Основание натуральных логарифмов (15 значащих цифр).
$\infty = 10^{307}$	Бесконечность (вводится комбинацией Ctrl/Shift/Z).
$\% = 0.01$	Процент. Используется, например, в выражении $3\%$ .
$TOL = 10^{-3}$	Допускаемая погрешность при вычислении интегралов и производных. Кроме этого определяет условие выхода из итерационного процесса вычисления корней уравнений с помощью функции <i>root</i> .
$STOL = 10^{-3}$	Определяет точность решения задач с использованием блока решения Given и функций minimize, maximize, find, minerr.
$ORIGIN = 0$	Определяет индекс первого элемента массива.
$deg = \pi/180$	Используется для перевода градусов в радианы и обратно.

### 4.3 Числа

MathCad интерпретирует все, начинающееся цифрой, как число. Цифра может сопровождаться:

- другими цифрами;
- десятичной точкой;
- цифрами после десятичной точки;
- одной из букв, h или o, для двоичных, шестнадцатеричных и восьмеричных чисел, i или j для комплексных чисел.

Для ввода комплексного числа нужно сразу за его мнимой частью ввести символ мнимой единицы i, например, 1i. Нельзя использовать i или j сами по себе для обозначения мнимой единицы.

Чтобы вводить числа в экспоненциальном представлении, нужно умножить мантиссу на степень десяти. Например, для записи  $3 \cdot 10^8$  нужно напечатать  $3 \cdot 10^8$ .

## 5 УРАВНЕНИЯ И ВЫЧИСЛЕНИЯ

### 5.1 Определение переменных

Определение переменной задает значение переменной в рабочем документе MathCad всюду ниже и правее места расположения определения. Чтобы определить переменную нужно выполнить следующие условия:

- └ ввести имя переменной;
- └ напечатать двоеточие (:). В документе появляется знак присваивания (:=);
- └ напечатать выражение, определяющее переменную. Оно может содержать константы и любые ранее определенные переменные и функции.

Примеры определения переменных показаны на рис. 5.1.

Ϣάääáú éñðäèíàòú òðäò òí+âè

x1 := 0	x2 := 3	x3 := -1
y1 := 1.5	y2 := 4	y3 := 1

ñðäääèáíèà òóíèòèè

$R(x, y) := \sqrt{x^2 + y^2}$

Âú+èñèáíèà ðáññòíÿíèÿ ìò òí+âè áí ìà+àèà éñðäèíàò

R(x1, y1) = 1.5	R(x2, y2) = 5	R(x3, y3) = 1.414
-----------------	---------------	-------------------

Âú+èñèáíèà ðáññòíÿíèÿ ìáæäó òí+èàìè

R(x2 - x1, y2 - y1) = 3.905
R(x3 - x1, y3 - y1) = 1.118
R(x2 - x3, y2 - y3) = 5

Рис.5.1- Пример определения и использования функции пользователя.

Слева от знака присваивания могут стоять:

- имя простой переменной, например, X;
- имя переменной с нижними индексами, например, Y<sub>1</sub> ;
- матрица или вектор, например,  $\begin{vmatrix} v \\ w \end{vmatrix}$  ;
- имя функции со списком аргументов, например, f(x, y, z);
- имя переменной с верхними индексами, например, M<sup><1></sup> .

В MathCad 2000 операторы присваивания (:=) и вывода (=) несколько «перемешались», благодаря так называемой технологии Smart Operator («сообразительный» оператор). При вводе значения переменной можно набирать на клавиатуре не <<A:=>>, а <<A=>>. Если переменная A уже определена выше, то на экран будет выведено

значение этой переменной ( $\ll = \gg$  воспринимается как оператор вывода), если же переменная A встречается в документе впервые, то MathCad 2000 трактует введенный знак как оператор присваивания.

## 5.2 Определение функции

Определение функции аналогично определению переменной: слева стоит имя функции, затем - знак присваивания, справа - выражение. Отличие состоит в том, что имя включает список аргументов (формальных параметров функции), заключенный в круглые скобки, например,  $f(x,y) = x^2 + y^2$ .

Для функции оператор присваивания вводится только нажатием на клавиатуре знака  $< : >$ .

Не имеет значения, были ли ранее определены или использованы в документе имена из списка, важно только, чтобы эти аргументы были именами, а не более сложными выражениями.

Определенная таким образом функция может быть использована везде ниже своего определения.

При использовании функции в выражении, MathCad:

- вычисляет численные значения аргументов, указанных в скобках;
- заменяет формальные параметры-аргументы в определении функции фактическими значениями;
- вычисляет правую часть выражения, определяющую функцию;
- возвращает результат вычислений как значение функции.

На рис. 5.1 показаны примеры определения и использования определения переменных и функций.

Аргументами функции пользователя могут быть скаляры, вектора и матрицы. Например, можно определить функцию  $dist(v) = \sqrt{v_0^2 + v_1^2}$ . Это пример функции, которая имеет аргументом вектор, а возвращает скаляр.

При определении функции имена в списке аргументов не нуждаются в предварительном определении потому, что задается, *что делать с этими переменными*, а не что они из себя представляют. При определении функции MathCad не должен даже знать, являются ли аргументы скалярами, векторами или матрицами. Нужно только задать число аргументов и действия с ними. Только при *вычислении* функции требуется знать, что из себя представляют аргументы.

## 5.3 Как MathCad просматривает рабочий документ

MathCad просматривает рабочий документ слева направо и сверху вниз. Это означает, что выражение, содержащее знак  $:=$ , воздействует на все содержимое рабочего документа ниже и справа от себя.

Рисунок 5.2 показывает пример того, как не следует размещать уравнения в рабочем документе. В первой строке переменные X, Y, U на экране выделены красным цветом, что говорит о том, что они не определены к моменту их использования. Это

происходит потому, что присваивания для них находятся ниже того места, где они используются.

В последней строке выражения находятся ниже определений X, Y, U и к этому моменту значения им уже присвоены.

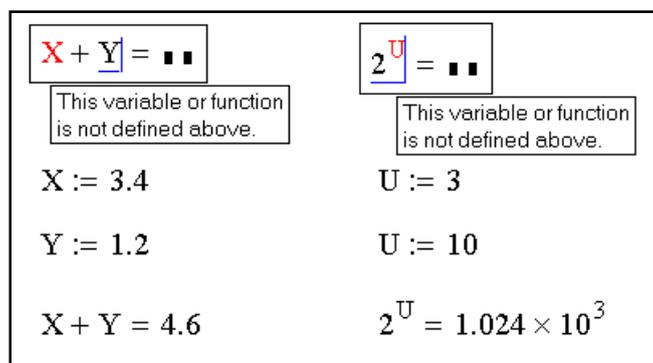


Рис. 5.2 - Пример размещения выражений в рабочем документе.

Переменные могут быть переопределены в одном и том же документе неоднократно, при этом MathCad будет использовать последнее расположенное выше определение (правая часть рис. 5.2).

#### 5.4 Дискретные аргументы

Дискретный аргумент это переменная, которая принимает набор значений при каждом ее использовании. Если не обращать внимания на способ определения, то дискретный аргумент выглядит как обычная переменная. Различие состоит в том, что обычная переменная принимает только одно значение, а дискретный аргумент - набор значений, отличающихся на величину шага. Например, можно определить дискретный аргумент X, изменяющийся от -4 до 4 с шагом 2. Если теперь использовать этот дискретный аргумент в выражении, MathCad вычислит его пять раз (для X=-4, -2, 0, 2, 4).

Определение дискретного аргумента в общем виде выглядит:

$$K := K_{\text{нач}}, K_{\text{нач}} + h .. K_{\text{кон}},$$

где K - имя дискретного аргумента;

$K_{\text{нач}}$  - начальное значение дискретного аргумента;

$K_{\text{нач}} + h$  - второе значение дискретного аргумента;

$K_{\text{кон}}$  - конечное значение дискретного аргумента.

Например, выражение  $Z := 1, 1.1..2$  задает одиннадцать значений аргумента Z, меняющегося от 1 до 2 с шагом 0.1.

Величину  $K_{\text{нач}} + h$  в определении можно не указывать, тогда значение шага принимается равным 1, т.е. выражение  $X := 5..10$  задает шесть значений X, меняющихся от 5 до 10 с шагом 1.

Все величины в задании дискретного аргумента должны быть вещественными числами. В качестве знака присваивания можно использовать и символ глобального определения  $\equiv$  (раздел 5.5).

При вводе определения дискретного аргумента для получения на экране символа  $:=$  используется, так же как и для простых присвоений, двоеточие или знак равенства, а для получения символа дискретного аргумента  $..$  нужно напечатать точку с запятой. Например, для получения определения на экране  $j := 0..15$  нужно ввести на клавиатуре  $j : 0 ; 15$ .

Обратите внимание, что нельзя определять простую переменную через дискретный аргумент. Например, если, определив  $j$ , как показано выше, записать  $i := j + 1$ , то MathCad истолкует это как попытку приравнять скалярную переменную дискретному аргументу и выдаст сообщение об ошибке.

Чаще всего дискретные переменные используются при работе с массивами и при построении графиков. При этом используется следующий основной принцип:

**Если дискретный аргумент используется в выражении, MathCad вычисляет выражение один раз для каждого значения дискретного выражения.**

Всякий раз при вводе знака  $=$  после выражения, включающего дискретные аргументы, MathCad показывает вычисленные значения в таблице вывода. На рис. 5.3 показано несколько дискретных аргументов, отображаемых как таблицы вывода.

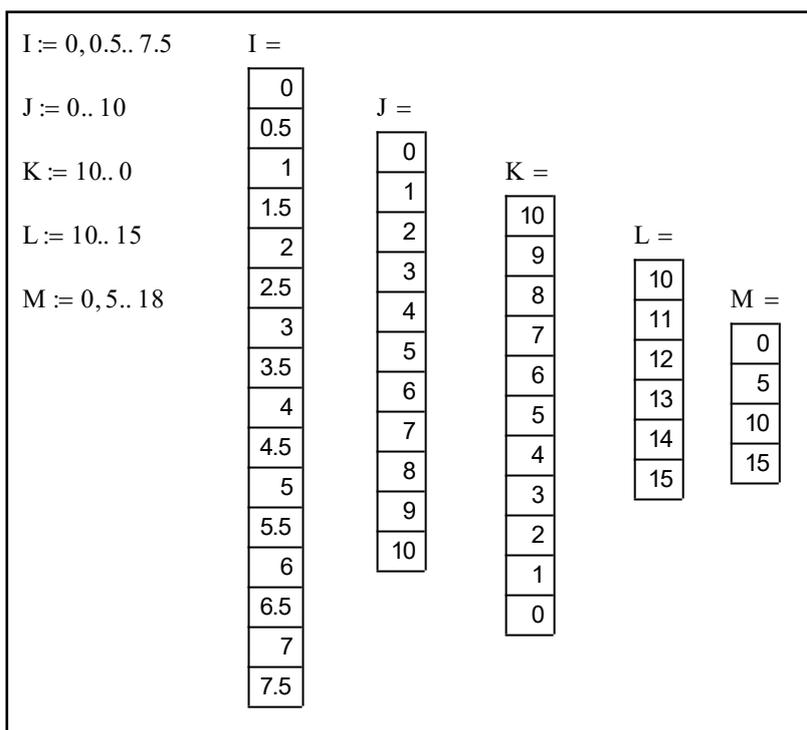


Рис. 5.3 - Допустимые определения дискретного аргумента и таблицы вывода.

### 5.5 Глобальные определения

Переменные и функции могут быть определены *глобально*. Это означает, что они вычисляются прежде любых локальных определений. Если переменная или

функция определены глобально, то они доступны всем локальным определениям в рабочем документе, где бы ни находилось локальное определение относительно глобального.

Чтобы создать глобальное определение, нужно вместо клавиши двоеточия [ : ] (получающийся при этом знак := ) использовать клавишу тильда ( ~ ), при этом на экране появляется символ глобального определения  $\equiv$ .

Для вычисления любых определений MathCad использует следующий алгоритм:

- сначала MathCad просматривает весь рабочий документ сверху донизу, вычисляя только глобальные определения;
- во время второго просмотра всего документа MathCad вычисляет все определения со знаком :=, равно как и все определения со знаком  $\equiv$ .

Хотя глобальные определения вычисляются прежде всех локальных определений, MathCad вычисляет глобальные определения так же слева направо и сверху вниз. Это означает, что всякий раз, когда используется переменная справа от знака  $\equiv$ , то:

- эта переменная должна быть определена с помощью знака  $\equiv$ ;
- эта переменная должна быть определена выше того места, где используется ее значение.

Рекомендуется использовать только одно определение для каждой глобальной переменной, в противном случае часто возникает путаница с определениями и затрудняется понимание содержимого рабочего документа.

## 5.6 Управление вычислениями

Сразу после запуска MathCad работает в автоматическом режиме. Это означает, что он обновляет все результаты в рабочем документе после любого изменения последнего. Состояние автоматического режима отмечается словом **AUTO** в строке сообщений.

Чтобы не терять времени на пересчет рабочего документа при редактировании, можно отключить этот режим, выбрав пункт **Математика/Автоматическое вычисление**. Слово **AUTO** при этом исчезает из строки сообщений.

Сразу после внесения изменений в документ, требующих вычислений, в строке сообщений появляется слово **Calc F9**, напоминающее о том, что результаты, вводимые в окне, не соответствуют текущему состоянию рабочего документа и нуждаются в пересчете для обновления.

Обновить окно можно либо выбрав пункт меню **Математика/Просчитать документ**, либо нажав клавишу [ **F9** ], либо щелкнув по кнопке со знаком равенства на панели инструментов, либо снова включить режим автоматического вычисления.

Для перехода обратно к автоматическому режиму нужно выбрать пункт **Математика/Автоматическое вычисление**, в результате чего MathCad обновляет весь рабочий документ и показывает слово **AUTO** в строке сообщений.

Когда MathCad вычисляет выражение, он отмечает его зеленым заштрихованным прямоугольником, что облегчает слежение за ходом вычислений.

Возможно отключить пересчет только для одиночного выражения для того, чтобы можно было редактировать и работать с этим уравнением, не заботясь о возможных сообщениях об ошибках. Как это сделать – описано в конце раздела 3.3.

## 5.7 Форматирование результатов

Способ, которым MathCad представляет рассчитываемые числа, называется форматом результата. Формат результата может быть установлен для всего рабочего документа (глобальный формат) или для отдельного результата (локальный формат).

Для изменения глобального формата результатов нужно щелкнуть на свободном месте листа, для локального формата - на конкретном результате, формат которого нужно менять, и выбрать команду **Формат/Результат**. При этом на экране появится диалоговое окно, представленное на рис. 5.4.

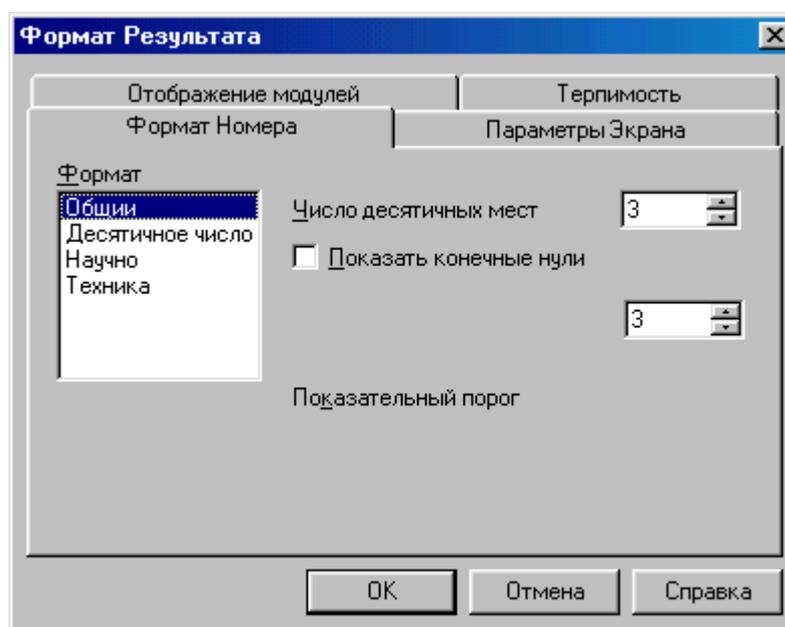


Рис. 5.4 - Диалоговое окно форматирования результатов.

Установка <<Число десятичных мест>> определяет количество выводимых десятичных разрядов в вычисляемых результатах. В вычислениях MathCad поддерживает 15 десятичных разрядов и использует указанную установку только для вывода. Числа выводятся округленными. Флажок <<Показать конечные нули>> отмечается для того, чтобы MathCad выводил незначащие нули в конце числа. Например, если число десятичных знаков установлено равным трем и помечен флажок <<конечные нули>>, число 5 будет отображено как 5.000.

MathCad выводит полученные результаты большие, чем  $10^n$  или меньшие, чем  $10^{-n}$ , где  $n$  – установка, соответствующая параметру <<Показательный порог>>, в научном формате. Например, если  $n = 3$ , то число 30000 будет выведено как  $3 \cdot 10^4$ .

На рис. 5.5 показано представление чисел в различных форматах, при значениях параметров <<число десятичных мест>> и <<Показательный порог>>, равных 3.

$x := 123456789.87654321$	$y := 1.23456789$	
$x = 1.235 \times 10^8$	$y = 1.235$	Íáùèé ôîðìàò
$x = 123456789.877$	$y = 1.235$	Äãñÿòè÷íå ÷èñëî
$x = 1.235 \times 10^8$	$y = 1.235 \times 10^0$	Íàó÷íúé ôîðìàò
$x = 123.457 \times 10^6$	$y = 1.235 \times 10^0$	Òäðíéèà

Рис. 5.5 – Различные способы форматирования чисел.

Вкладка «Параметры Экрана» позволяет устанавливать способ представления массивов (как таблица или как матрица), какой символ  $i$  или  $j$  будет использован для отображения мнимой единицы, а также задать двоичную или восьмеричную систему представления результата.

Опции форматирования, описанные выше, влияют только на вывод чисел. MathCad проводит все операции с полной точностью, независимо от опций форматирования.

Чтобы увидеть число во внутреннем представлении можно установить курсор на результат и нажать комбинацию клавиш  $[\text{Ctrl}]/[\text{Shift}]/N$ , при этом в строке сообщений будет показано это число с полной точностью.

Локальный формат может быть применен к таблицам, векторам или матрицам, при этом все числа в таблице, векторе или матрице будут представлены в одном формате. Форматировать поэлементно эти числа уже нельзя.

## 6 ВЕКТОРА И МАТРИЦЫ

В MathCad одиночное число называется скаляром, столбец чисел - вектором, прямоугольная таблица чисел - матрицей. Общий термин для вектора и матрицы - массив.

### 6.1 Создание вектора или матрицы

Имеется четыре способа определения массивов:

- вручную заполняя прямоугольную таблицу чисел. Эта методика подходит для небольших массивов;
- используя нижний индекс;
- используя дискретный аргумент. Так создаются массивы, когда имеется явная формула для вычисления элемента через его индексы;
- считывая данные из файла.

#### Создание массива заполнением пустых полей

Чтобы создать массив, нужно установить визир на свободном месте рабочего документа и выбрать пункт меню **Вставка/Матрицы** (либо щелкнуть на кнопке палитры работы с матрицами), после этого появится диалоговое окно, показанное на рис. 6.1.

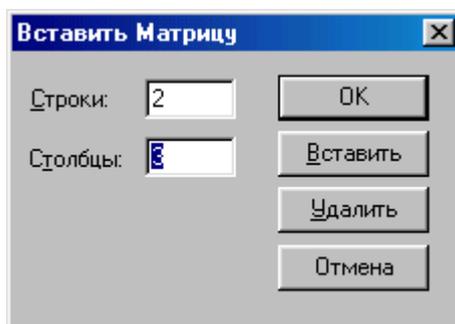


Рис. 6.1 - Диалоговое окно создания массива.

В окне нужно указать число строк и столбцов массива и нажать кнопку **[Создать]**. MathCad создает массив с пустыми полями для заполнения. Если, например, ввести параметры массива как на рис. 6.1, то этот массив будет иметь вид, как показано справа.

$$\begin{pmatrix} \blacksquare & \blacksquare & \blacksquare \\ \blacksquare & \blacksquare & \blacksquare \end{pmatrix}$$

На следующем этапе нужно заполнить пустые поля скалярными выражениями. Перемещать выделенную рамку в следующее поле можно клавишей **[Tab]** или щелкнув непосредственно на нужном поле.

$$\begin{pmatrix} 2 & 4.1 & 8 \\ 3.5 & -2 & 11 \end{pmatrix}$$

Если в дальнейшем понадобится еще работа с векторами, то можно оставить диалоговое окно **“Матрицы”** на экране открытым для дальнейшего использования.

После того, как массив создан, можно изменять его размеры, вставляя или удаляя строки и столбцы, для чего необходимо:

- )] щелкнуть на одном из элементов матрицы, чтобы выделить его. MathCad будет начинать вставку или удаление с этого элемента;
- )] открыть диалоговое окно “**Матрицы**”, как это указано выше, или, если окно уже было открыто, активизировать его щелчком в области заголовка;
- )] напечатать число строк и/или столбцов, которые нужно вставить или удалить, и выбрать соответствующее действие в окне.

При вставке строк MathCad создает пустые строки ниже выбранного элемента. Если вставляется столбец, MathCad создает пустые столбцы справа от выбранного элемента. Если нужно вставить первую строку или самый левый столбец, сначала нужно заключить матрицу целиком в выделяющую рамку, щелкнув внутри и несколько раз нажав [ **Space** ].

Когда строки или столбцы удаляются, MathCad начинает удалять их со строки или столбца, занятых выбранным элементом. Строки удаляются вниз от этого элемента, столбцы - справа. Чтобы удалить весь массив, нужно заключить его в выделяющую рамку целиком и нажать клавишу [ **Del** ].

### Определение массива с помощью нижнего индекса

Определение переменной как массива во многом схоже с определением скаляра. Сначала нужно напечатать имя переменной и двоеточие, как и в случае с любым другим определением. Затем необходимо создать массив (вектор или матрицу) с другой стороны знака равенства, как это было описано в предыдущем подразделе.

Теперь можно использовать имя массива в любом выражении. На рис. 6.2 показан пример определения и использования массива (вектора).

$$\begin{array}{l}
 v := \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \\ 4 \end{pmatrix} \quad \text{ᐃᑦᑎᑦᑎᑦᑎᑦ ᑎᑎᑎᑎᑎᑎᑎᑎ} \\
 v \cdot 2 = \begin{pmatrix} 4 \\ 6 \\ 8 \end{pmatrix} \qquad \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \\ 4 \end{pmatrix} \cdot 2 = \begin{pmatrix} 4 \\ 6 \\ 8 \end{pmatrix} \\
 v + \begin{pmatrix} 0 \\ -1 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 \\ 2 \\ 5 \end{pmatrix} \qquad \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \\ 4 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ -1 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 \\ 2 \\ 5 \end{pmatrix} \\
 v + 5 = \begin{pmatrix} 7 \\ 8 \\ 9 \end{pmatrix} \qquad \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \\ 4 \end{pmatrix} + 5 = \begin{pmatrix} 7 \\ 8 \\ 9 \end{pmatrix}
 \end{array}$$

Рис. 6.2. Пример определения и использования массива.

К отдельным элементам массива можно обращаться, используя нижние индексы. Чтобы напечатать нижний индекс, используется клавиша левой скобки [, после чего вводится целое число или пара целых чисел.

Элементы векторов и матриц обычно нумеруются с индекса 0. Изменение этого порядка производится заменой значения встроенной переменной ORIGIN и будет обсуждено ниже.

Переменные с нижними индексами можно использовать и для изменения значений массивов. На рис. 6.3 показан пример определения переменной - вектора и изменение его значений.

$v := \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \\ 4 \end{pmatrix}$	$v_0 = 2$	$v_1 = 3$	$v_2 = 4$	$v = \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \\ 4 \end{pmatrix}$
$v_2 := 6$				
$v_0 = 2$	$v_1 = 3$	$v_2 = 6$	$v = \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \\ 6 \end{pmatrix}$	

Рис. 6.3. Пример использования нижних индексов.

Нижние индексы можно также использовать для создания массива и изменения его размеров. Так, например, если мы определим переменную  $Z_2:=5$ , то тем самым мы создадим вектор  $Z$ , содержащий три элемента  $Z_0=Z_1=0, Z_2=5$ .

Если после этого ввести определение переменной  $Z_5:=8$ , то теперь в массиве  $Z$  будет уже 6 элементов, первые три не изменятся,  $Z_3=Z_4=0, Z_5=8$ . В данном примере  $Z_0, Z_1, Z_3, Z_4$  являются неопределенными элементами вектора, MathCad заменяет такие элементы нулями.

Что бы просматривать или определять элемент матрицы используются два нижних индекса, разделенных запятыми. Чтобы обратиться к элементу в  $i$ -ой строке и  $j$ -том столбце матрицы  $M$  нужно ввести  $M[i, j]$ .

Нижние индексы подобно делению и возведению в степень удерживают ввод. Что бы не печаталось после [, все остается в области нижних индексов, пока не будет нажата клавиша [Space], чтобы выйти оттуда.

Рисунок 6.4 показывает пример того, как определить отдельные элементы матрицы и просмотреть их. Как и в случае с векторами MathCad заполняет неопределенные элементы матрицы нулями.



## Определение массива считыванием данных из файла

MathCad позволяет создать матрицу из чисел, записанных во внешнем текстовом файле. Числа в файле должны быть разделены запятыми, пробелами либо возвратами каретки и записаны как целые числа (например, 5 или -1), либо с плавающей запятой (1.34), либо иметь экспоненциальную запись (4.87E-4).

Наиболее часто для чтения массива из файла используется функция READPRN(file), где file – полное имя файла, записанное в двойных кавычках. Эта функция работает со структурированными файлами, т.е. с фиксированным числом значений в каждой строке. Данная функция читает структурированный файл данных и возвращает матрицу. Каждая строка в файле данных становится строкой в матрице.

Предположим, что в корневом каталоге диска D: имеется текстовый файл с именем test.prn, содержащий данные, показанные на рис. 6.6.



Файл	Редактирование	Поиск	Справка
0.25	0.92	0.66	0.33
0.77	3.46	8.32	2.22
4.33	9.22	5.41	3.33
9.21	12.83	2.99	4.44
7.44	27.34	8.64	5.55
9.01	9.88	6.29	6.66
2.78	2.65	1.39	7.77

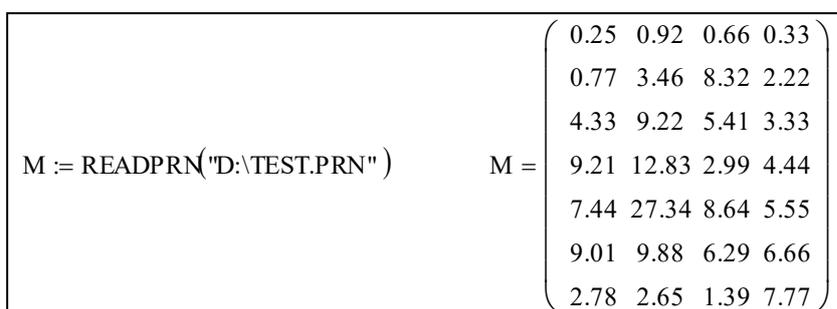
Рис. 6.6 - Содержимое файла с исходными данными.

Для вызова функции чтения данных из файла достаточно напечатать

$$M := \text{READPRN}("D:\text{TEST.PRN}"),$$

после чего будет создан массив M, состоящий из пяти строк и четырех столбцов, содержащий числа, показанные на рис. 6.6.

На рис. 6.7 показано считывание таблицы данных в матрицу M.



$M := \text{READPRN}("D:\text{TEST.PRN} ")$	$M =$	$\begin{pmatrix} 0.25 & 0.92 & 0.66 & 0.33 \\ 0.77 & 3.46 & 8.32 & 2.22 \\ 4.33 & 9.22 & 5.41 & 3.33 \\ 9.21 & 12.83 & 2.99 & 4.44 \\ 7.44 & 27.34 & 8.64 & 5.55 \\ 9.01 & 9.88 & 6.29 & 6.66 \\ 2.78 & 2.65 & 1.39 & 7.77 \end{pmatrix}$
---	-------	---

Рис. 6.7 - Считывание таблицы данных в матрицу.

Когда MathCad читает данные с помощью функции READPRN:

- каждый раз файл данных читается целиком;
- все строки в файле должны содержать одинаковое количество значений, в противном случае будет выдано сообщение об ошибке;

- функция READPRN игнорирует текст в файлах данных;
- имя функции должно печататься заглавными буквами;
- левая часть оператора присваивания, использующего функцию READPRN, не должна содержать ничего кроме имени массива.

## 6.2 Верхние индексы и столбцы матрицы

Чтобы выделить из матрицы один столбец, нужно нажать [Ctrl]/6 и поместить номер столбца в появившееся поле около имени переменной. Рис. 6.8 показывает, как присвоить вектору  $v$  значение третьего столбца матрицы  $M$ .

Можно также извлекать отдельную строку из матрицы, извлекая столбец из транспонированной матрицы. Иллюстрация этого приведена на рис. 6.8.

The screenshot shows the following operations in MathCAD:

- Matrix definition:  $M := \begin{pmatrix} 1 & 3 & 5 \\ 2 & 0 & 6 \end{pmatrix}$
- Extraction of the third column:  $M^{<2>} = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$  and  $v := M^{<2>} \Rightarrow v = \begin{pmatrix} 5 \\ 6 \end{pmatrix}$
- Transpose matrix definition:  $M^T = \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 0 \\ 5 & 6 \end{pmatrix}$  and  $W := M^T \Rightarrow W = \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 0 \\ 5 & 6 \end{pmatrix}$
- Extraction of the first column from the transpose:  $v := W^{<1>} \Rightarrow v = \begin{pmatrix} 2 \\ 0 \\ 6 \end{pmatrix}$

Рис. 6.8 - Использование верхнего индекса для извлечения столбца из матрицы.

## 6.3 Изменение значения ORIGIN

Часто бывает удобнее, когда массивы нумеруются не с нуля (как по умолчанию в MathCad), а с единицы. Чтобы изменить этот порядок можно заменить значение встроенной переменной ORIGIN.

Проще всего это сделать, введя глобальное определение ORIGIN в любом месте рабочего документа. Например, чтобы установить значение ORIGIN равное единице, нужно напечатать: ORIGIN~1.

При переопределении ORIGIN необходимо иметь в виду следующее:

- )] переопределять ORIGIN лучше один раз и глобально. Хотя можно для этого использовать и знак :=, но часто это приводит к путанице, т.к. если такое переопределение выполнено в середине рабочего документа MathCad будет показывать, что массивы имеют n элементов, где n - разница между новым и старым значением ORIGIN;
- )] ORIGIN нужно печатать заглавными буквами;
- )] можно использовать ORIGIN для определения переменных с отрицательными нижними индексами. Если, например, ORIGIN установить равным -10, то элементы всех массивов будут нумероваться с -10;
- )] если сослаться на элемент массива с индексом меньшим чем ORIGIN, MathCad выдает сообщение об ошибке.

## 6.4 Отображение векторов и матриц

MathCad отображает матрицы и вектора, имеющие менее шестнадцати строк и столбцов, в виде матриц или векторов, как это показано на рис. 6.9

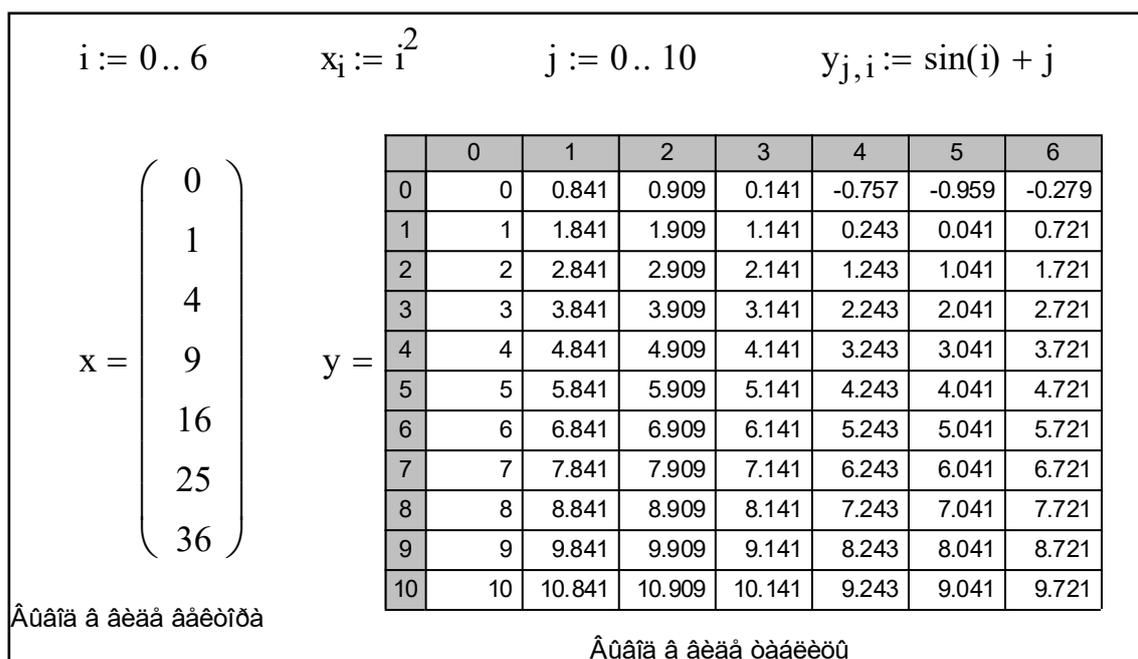


Рис. 6.9 - Пример отображения матриц.

Если число строк или столбцов больше шестнадцати, то массивы выводятся в виде таблицы с полосами прокрутки, которые отображают только часть массива. Слева от каждой строки и наверху каждого столбца имеется число, указывающее индекс строки или столбца. Если таблица не активизирована, то полосы прокрутки отсутствуют. Чтобы активизировать таблицу - достаточно щелкнуть на ней, чтобы вывести из активного состояния - щелкнуть в любом месте вне таблицы.

Размеры таблицы можно изменять, для чего необходимо:

- )] с помощью буксировки выделить область, в которой находится таблица;
- )] подвести указатель мыши к правому или нижнему краю прямоугольника, выделяющего область;
- )] с помощью буксировки изменить соответствующий размер таблицы.

Невозможно создать массив, имеющий более чем 100 элементов, с помощью пункта меню **Формат/Матрицы**. Это ограничение применяется при создании нового массива или увеличении существующего. Можно, однако, создать большие массивы либо использованием функций AUGMENT или STACK, чтобы объединить массивы, либо используя дискретный аргумент, либо считывая числа из файла на диске.

Ограничение размера массива зависит в основном от памяти, доступной MathCad. Для большинства случаев это будет, по крайней мере, 1 миллион элементов. При любой памяти размер никогда не может превышать 8 миллионов элементов. Элементы могут быть распределены среди любой комбинации строк и столбцов.

## **6.5 Векторные и матричные операторы**

В MathCad некоторые операторы применимы не только к скалярам, но и к векторам и матрицам. Например, знак умножения применительно к векторам означает их скалярное произведение.

Таблица 6.1, приведенная в этом разделе, описывает векторные и матричные операторы MathCad. Для ввода этих операторов можно использовать клавиши, приведенные в таблице, либо воспользоваться палитрой символов.

Операторы, аргументом которых является вектор, требуют, чтобы это был вектор-столбец, а не вектор-строка. Чтобы заменить вектор-строку на вектор-столбец можно использовать оператор транспонирования.

В таблице приняты следующие обозначения:

- **A, B** - произвольный массив (вектор или матрица);
- **u, v** - вектора;
- **M** - квадратная матрица;
- **z** - скаляр;
- **m, n** - целые числа.

Таблица 6.1 - Векторные и матричные операторы MathCad.

Операция	Обозначение	Клавиша или кнопка вызова	Описание оператора
Умножение матрицы на скаляр	$A \cdot z$	*	Умножение каждого элемента $A$ на скаляр $z$
Деление матрицы на скаляр	$A/z$	/	Деление каждого элемента $A$ на скаляр $z$
Скалярная сумма	$A + z$	+	Добавление $z$ к каждому элементу $A$
Скалярное вычитание	$A - z$	-	Вычитание $z$ из каждого элемента $A$
Изменение знака	$-A$	-	Изменение знака у всех элементов $A$
Сложение векторов и матриц	$A + B$	+	Сложение соответствующих элементов массивов $A$ и $B$ , которые должны иметь одинаковое число строк и столбцов
Вычитание векторов и матриц	$A - B$	-	Вычитание соответствующих элементов массивов $A$ и $B$ , которые должны иметь одинаковое число строк и столбцов
Скалярное произведение векторов	$u \cdot v$	*	Вычисление $\sum u_i \cdot v_i$ . Векторы должны иметь одинаковое число элементов.
Матричное умножение	$A \cdot B$	*	Вычисление произведения матриц $A$ и $B$ , число столбцов в $A$ должно соответствовать числу строк в $B$
Умножение матрицы на вектор	$A \cdot v$	*	Вычисление произведения матрицы $A$ на вектор $V$ , число столбцов в $A$ должно соответствовать числу элементов $v$
Длина вектора	$ v $	$\boxed{X}$	Вычисление $\sqrt{v \cdot \bar{v}}$ , где $\bar{v}$ - вектор, комплексно сопряженный с $v$
Детерминант	$ M $	$\boxed{X}$	Вычисление детерминанта квадратной матрицы
Векторное произведение	$v \times u$ или $[v, u]$	$\boxed{\vec{X} \times \vec{Y}}$	Вычисление векторного произведения векторов $u$ и $v$ , содержащих по три элемента
Транспонирование	$A^T$	$\boxed{M^T}$	Возвращает транспонированную матрицу
Комплексное сопряжение	$\bar{A}$	„	Смена знака мнимой части каждого элемента $A$
Степень матрицы	$M^n$	^	Вычисление n-ой степени квадратной матрицы (используется умножение матриц)
Обращение матрицы	$M^{-1}$	^	Вычисление матрицы, обратной к $M$
Суммирование элементов	$\sum v$	$\boxed{\sum V}$	Вычисление суммы элементов вектора $v$
Верхний индекс	$A^{<n>}$	$\boxed{M^{< >}}$	Извлечение n-ого столбца массива $A$

На рисунке 6.10 показано использование некоторых векторных и матричных операторов.

$$\begin{array}{l}
 \text{Èñõíáíúá äáííúá - ìàððèöà ì è äâêðîð v} \\
 M := \begin{pmatrix} 0 & 1 & 2 \\ 3 & 0 & 2 \\ 5 & 3 & 1 \end{pmatrix} \quad v := \begin{pmatrix} 3 + 10 \\ 1 - 4 \\ 5 \cdot 10 \end{pmatrix} \quad v = \begin{pmatrix} 13 \\ -3 \\ 50 \end{pmatrix} \quad w := 2 \cdot v \quad w = \begin{pmatrix} 26 \\ -6 \\ 100 \end{pmatrix} \\
 \\
 \text{Ñóìà} \quad \text{Îðäââèèðäèü} \quad \text{Ñèàèÿðíà è äâêðîðíá ðèççäââáèà} \\
 \sum v = 60 \quad |M| = 25 \quad v \cdot w = 5.356 \times 10^3 \quad v \times w = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \\
 \text{Íáðàðíäÿ ìàððèöà} \\
 \\
 M^{-1} = \begin{pmatrix} -0.24 & 0.2 & 0.08 \\ 0.28 & -0.4 & 0.24 \\ 0.36 & 0.2 & -0.12 \end{pmatrix} \quad \text{Òðáíííèèðíáíèà} \\
 w^T = ( 26 \quad -6 \quad 100 ) \\
 \text{Ðàðáíèà ñèñòèìü èèíáéíüð óðäâáíèèè M^x=v} \\
 M \cdot M^{-1} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad x := M^{-1} \cdot v \quad x = \begin{pmatrix} 0.28 \\ 16.84 \\ -1.92 \end{pmatrix}
 \end{array}$$

Рис. 6.10 - Пример использования векторов и матричных операторов.

## 6.6 Встроенные функции для работы с массивами

В MathCad содержится большое число встроенных функций для действий с массивами. В данном разделе приведено описание некоторых из них и даны примеры их использования. Размеры данного пособия не позволяют привести полный список всех встроенных функций линейной алгебры, содержащихся в MathCad, для более детального ознакомления с ними следует воспользоваться интерактивной системой подсказок MathCad или обратиться к руководству [7]. В разделе совершенно не затронуты статистические функции, описание которых является темой отдельной работы.

При описании встроенных функций приняты условные обозначения, описанные в начале раздела 6.5.

Таблица 6.2 - Встроенные функции MathCad для работы с массивами.

Имя функции	Результат
rows ( <b>A</b> )	Число строк в массиве <b>A</b> . Если <b>A</b> - скаляр, возвращается 0
cols ( <b>A</b> )	Число столбцов в массиве <b>A</b> . Если <b>A</b> - скаляр, возвращается 0
length ( <b>v</b> )	Число элементов в векторе <b>v</b>
last ( <b>v</b> )	Индекс последнего элемента в векторе <b>v</b>
max ( <b>A</b> )	Максимальный элемент в массиве <b>A</b>
min ( <b>A</b> )	Минимальный элемент в массиве <b>A</b>
identity ( <b>n</b> )	Единичная матрица $n \times n$ (матрица, все диагональные элементы которой равны 1, а все остальные - 0)
Re ( <b>A</b> )	Массив, состоящий из элементов, которые являются вещественными частями элементов матрицы <b>A</b>
Im ( <b>A</b> )	Массив, состоящий из элементов, которые являются мнимыми частями элементов <b>A</b>
diag ( <b>v</b> )	Диагональная матрица, содержащая на диагонали элементы вектора <b>v</b>
tr ( <b>M</b> )	След матрицы <b>M</b> (сумма диагональных элементов)
rank ( <b>A</b> )	Ранг вещественной матрицы <b>A</b>
eigenvals ( <b>M</b> )	Вектор, содержащий собственные значения матрицы <b>M</b>
lsolve ( <b>M,v</b> )	Нахождение вектора <b>x</b> такого, что $\mathbf{M} \cdot \mathbf{x} = \mathbf{v}$ (решение системы линейных алгебраических уравнений)
sort( <b>v</b> )	Возвращает элементы вектора <b>v</b> , отсортированные по возрастанию
csort( <b>A,n</b> )	Сортирует строки матрицы таким образом, чтобы расположить элементы в столбце <b>n</b> в порядке возрастания
rsort( <b>A,n</b> )	Сортирует строки матрицы таким образом, чтобы расположить элементы в строке <b>n</b> в порядке возрастания
reverse( <b>v</b> )	Изменяет порядок элементов в векторе <b>v</b> на обратный

На рисунках 6.11, 6.12 показаны примеры использования встроенных функций для работы с массивами.

Èñòíáíúá äáííúá - äâèòíð v

$$v := \begin{pmatrix} 13 \\ -3 \\ 50 \end{pmatrix}$$

íàðíæääáíèá ÷èñèá ñòðíè è ñòíèáóíá

rows(v) = 3      cols(v) = 1

íàðíæääáíèá ìèíèìàèúííáí  
è ìàèñèìàèúííáí ýèáìáíóíá

max(v) = 50      ÷èñèí ýèáìáíóíá à äâèòíðá      length(v) = 3

min(v) = -3      èíääèñ ïíñèääáíáí ýèáìáíóá      last(v) = 2

ñíðòèðíáèá äâèòíðá ïí áíçðáñòàíèð      ñíðòèðíáèá äâèòíðá ïí óáúääáíèð

$$\text{sort}(v) = \begin{pmatrix} -3 \\ 13 \\ 50 \end{pmatrix}$$

$$\text{reverse}(\text{sort}(v)) = \begin{pmatrix} 50 \\ 13 \\ -3 \end{pmatrix}$$

Рис. 6.11 - Примеры использования встроенных функций для работы с векторами.

Èñòíáíúá äáííúá - ìàððèóá ì è äâèòíð v

$$M := \begin{pmatrix} 0 & 1 & 2 \\ 3 & 0 & 2 \\ 5 & 3 & 1 \end{pmatrix} \quad v := \begin{pmatrix} 13 \\ -3 \\ 50 \end{pmatrix}$$

íàðíæääáíèá ÷èñèá ñòðíè è ñòíèáóíá

rows(v) = 3      cols(v) = 1

áú÷èñèáíèá ñèááá è ðáíáá ìàððèóú

tr(M) = 1      rank(M) = 3

íàðíæääáíèá ìèíèìàèúííáí  
è ìàèñèìàèúííáí ýèáìáíóíá

max(M) = 5

min(M) = 0

ñíðòèðíáèá ñòðíè ìàððèóú ïí  
ýèáìáíóá ñðááíááí ñòíèáóá

ñíðòèðíáèá ñòíèáóíá ìàððèóú  
ïí ýèáìáíóá ìèæíáè ñòðíèè

$$\text{rsort}(M, 2) = \begin{pmatrix} 2 & 1 & 0 \\ 2 & 0 & 3 \\ 1 & 3 & 5 \end{pmatrix}$$

Óäæáíèá ñèñòáíú èèíáéíúó óðááíáíèé  
M^x=v ñ ïííúð ðóíèðèè Isolve

$$x := \text{Isolve}(M, v) \quad x = \begin{pmatrix} 0.28 \\ 16.84 \\ -1.92 \end{pmatrix}$$

csort(M, 1) =  $\begin{pmatrix} 3 & 0 & 2 \\ 0 & 1 & 2 \\ 5 & 3 & 1 \end{pmatrix}$

Рис. 6.12 - Примеры использования встроенных функций для работы с матрицами.

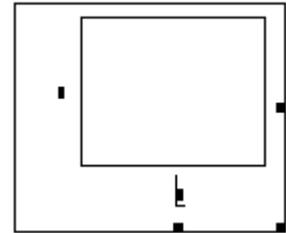
## 7 ГРАФИКИ

### 7.1 Графики в декартовых координатах

#### 7.1.1 Создание простейшего графика

Для создания простейшего графика в декартовых координатах необходимо:

- )] определить дискретную переменную (например,  $x$ ), которая принимает значения в желаемом диапазоне значений аргумента;
- )] щелкнуть мышью в месте размещения графика;
- )] вызвать пункт меню **Вставка/График/Х-У Зависимость** или щелкнуть на пиктограмме  палитры работы с графиками. MathCad создает пустой график с двумя полями ввода;
- )] ввести в поле на горизонтальной оси дискретную переменную, соответствующую независимой переменной графика;
- )] ввести в поле на вертикальной оси выражение, график которого нужно получить. Таким образом построен левый график на рис. 7.1.



Можно также определить функцию  $f(x)$  и поместить ее в среднее пустое поле оси ординат (средний график на рис. 7.1). Это удобно для функций, определяемых громоздким выражением.

Начиная с MathCad 7 стало возможным строить двумерный график по, так называемой, быстрой технологии (Quick 2D-Plot), когда аргумент функции, откладываемый на горизонтальной оси, в явном виде не определяется. При этом значение этого аргумента выставляется в пределах от  $-10$  до  $10$ . Правый график на рис. 7.1 построен по быстрой технологии. Если данные значения пользователя не устраивают, то эти числа можно поменять непосредственно на оси аргумента.

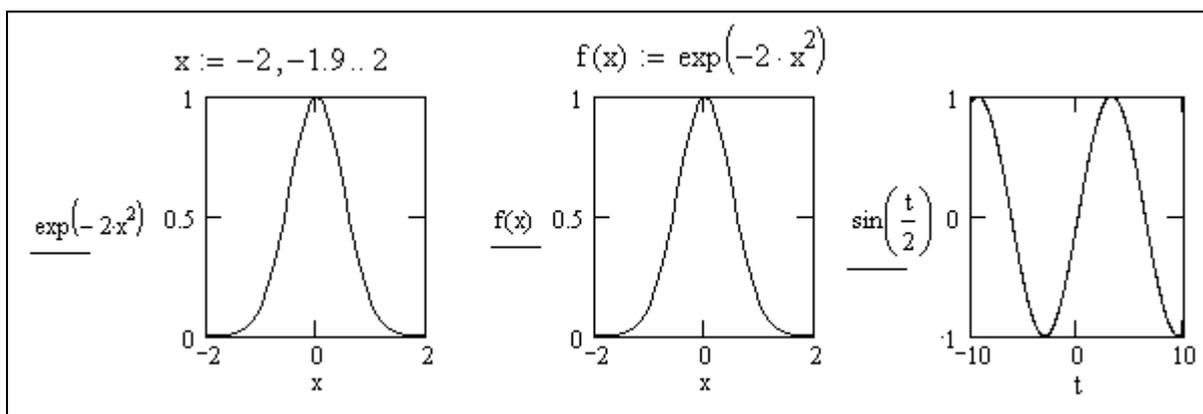


Рис. 7.1 - Построение графика функции, зависящей от дискретного аргумента.

Графики можно перемещать, вырезать, копировать, вставлять и удалять точно так же, как и любое выражение. Для этого буксировкой мыши нужно включить графическую область в пунктирный выделяющий прямоугольник и вызвать соответствующий пункт меню.

ющую операцию. Чтобы удалить график из документа, нужно нажать клавишу [F3], для перемещения - выполнить буксировку пунктирной выделяющей области.

Графики обычно используют на каждой из осей одно или несколько выражений, содержащих дискретные переменные. Когда MathCad строит график, он выводит одну точку для каждого значения дискретной переменной в выражениях для оси абсцисс или ординат и, если не определено иначе, соединяет их прямыми линиями.

Как и в случае с выражением, MathCad не обрабатывает график, пока не будет выполнен щелчок вне графика.

Линия, которая появляется под выражением на оси ординат, указывает тип траектории и цвет, используемые для отображения кривой. Изменение этих параметров описано ниже в разделе 7.1.4.

Если выражение принимает комплексные значения, MathCad отображает только действительную часть, сообщение об ошибках при этом не появляется.

### 7.1.2 Графическое представление векторов

На графике можно представить графически элементы вектора, как это показано на рис. 7.2. Для создания такого графика необходимо:

- ┌ определить дискретную переменную (на рис. 7.2 –  $i$ ,  $k$ ), являющуюся нижним индексом элемента вектора;
- ┌ определить вектор ( $y_i$ ,  $z_k$ ), который можно отобразить;
- ┌ выбрав пункт меню **Вставка/График/X-Y Зависимость**, создать пустой график;
- ┌ ввести  $i$  в поле горизонтальной оси и  $y_i$ ,  $z_k$  в поле оси ординат.

На левом графике точки вектора соединены линиями (по умолчанию), правый отформатирован так, чтобы соединяющих линий не было.

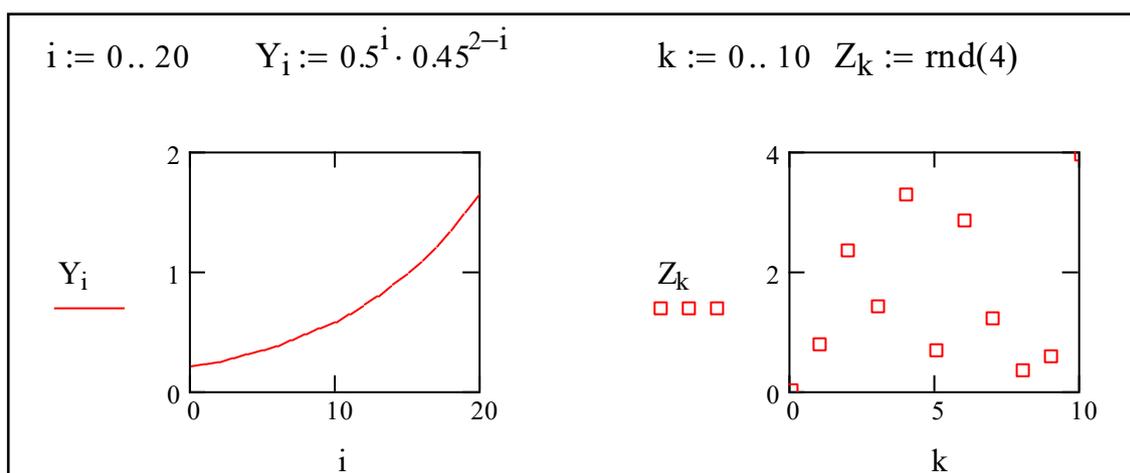


Рис. 7.2 - Графическое представление вектора.

На рис. 7.3 представлены два примера отображения одного вектора относительно другого. Вектора не обязательно должны быть одинаковой длины, необходимо только, чтобы оба вектора использовали один и тот же нижний индекс и каждое значение индекса должно соответствовать некоторому элементу в каждом векторе.

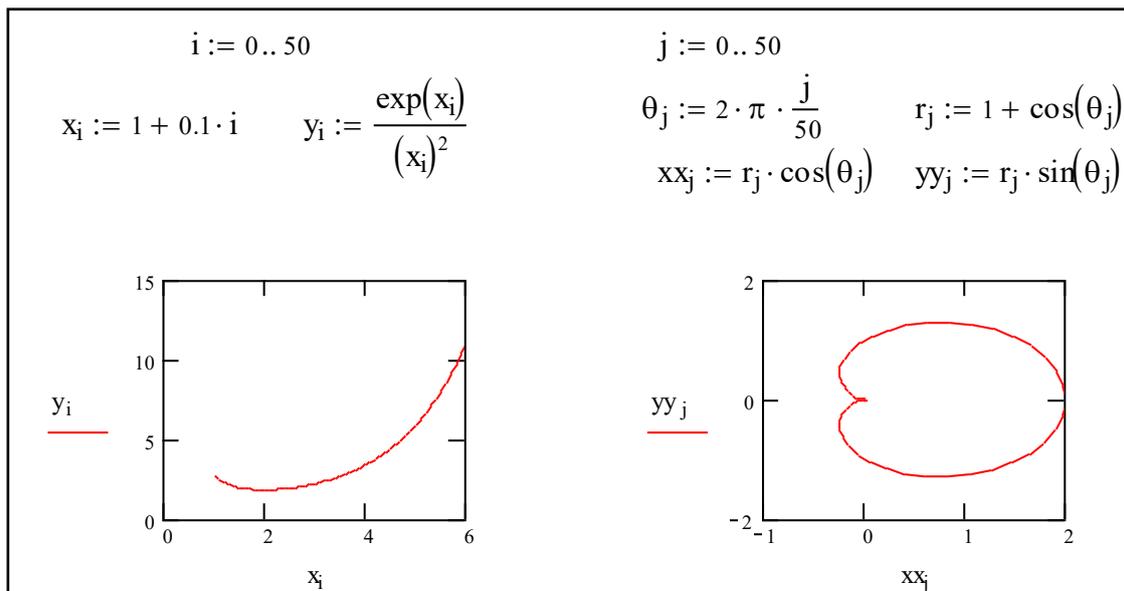


Рис. 7.3 - Совместное графическое представление двух векторов.

### 7.1.3 Размещение нескольких графиков на одном поле

На одном поле можно показать несколько кривых. График при этом может содержать несколько выражений по оси ординат в зависимости от одного выражения по оси абсцисс или несколько выражений по оси ординат, согласованных с соответствующими выражениями по оси абсцисс.

Чтобы представить графически несколько выражений по оси ординат относительно одного выражения по оси абсцисс, необходимо после ввода первого выражения поставить запятую. Непосредственно под первым выражением появится пустое поле, в которое нужно ввести второе выражение и т.д. Все выражения, записываемые по оси ординат, должны использовать одну и ту же дискретную переменную.

Пример графика с несколькими выражениями по оси ординат представлен на рис. 7.4 слева.

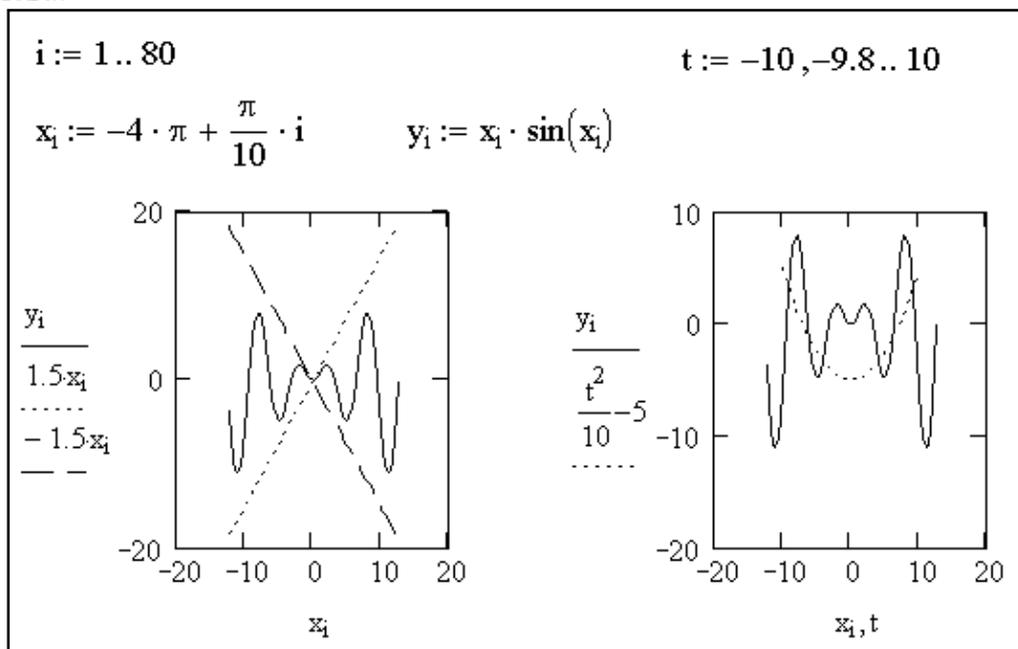


Рис. 7.4 - Графики с несколькими выражениями на осях X, Y.

Чтобы построить несколько независимых кривых на одном поле, необходимо ввести два или более выражений, разделяемых запятыми на оси абсцисс, и то же самое количество выражений на оси ординат. MathCad согласует выражения попарно - первое выражение оси абсцисс с первым выражением оси ординат, второе со вторым и так далее. Каждая согласованная пара выражений должна использовать одну дискретную переменную. Дискретная переменная для одной согласованной пары не должна быть переменной для других пар.

На рис. 7.4 справа представлен пример, в котором дискретные переменные отличаются для каждой пары. Все графики на рисунке совместно используют одни границы на осях.

Можно построить до 16 функций на оси ординат в зависимости от одного аргумента на оси абсцисс. Однако, если для каждой кривой используется свой аргумент, то можно отобразить только до 10 графиков.

### 7.1.4 Форматирование графиков

Полученный график можно переформатировать, изменив:

- оси графика;
- линии графика;
- надписи на графиках.

Для изменения формата графика необходимо:

- ] сделать двойной щелчок мышью в области графика или выбрать пункт меню **Формат/График/X-YЗависимость**. Появится диалоговое окно форматирования графика в декартовых координатах (рис. 7.5);
- ] выбрать необходимую закладку (“Оси X-Y”, “След”, “Метки”) из появившегося диалогового окна.

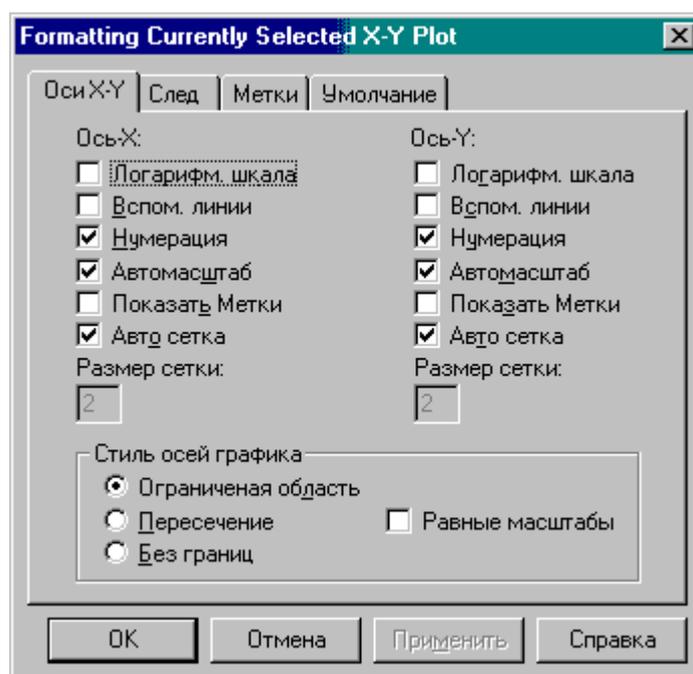


Рис. 7.5 - Диалоговое окно форматирования графика.

## Форматирование осей графика

Закладка “Оси X-Y” служат для переформатирования осей графика, являющегося активным.

Каждая ось имеет следующие связанные с ней установки.

**Логарифм. шкала.** Данный пункт диалогового окна определяет логарифмический масштаб по соответствующей оси. Границы для выбора такого масштаба должны быть положительными числами. График в правом нижнем углу рис. 7.6 построен с логарифмическим масштабом по оси ординат.

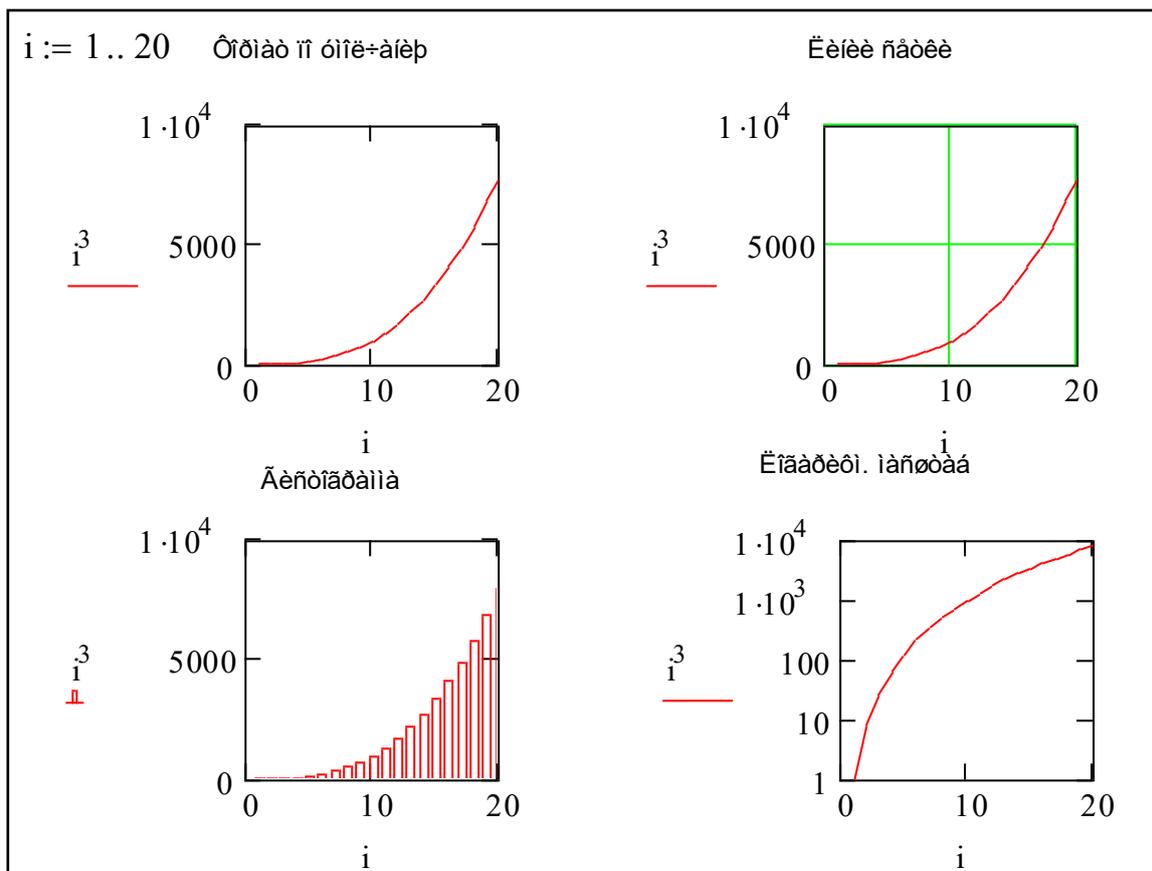


Рис. 7.6- Различные формы представления графика  $Y = X^3$ .

**Вспомогательные линии.** Когда отмечен этот квадратик, деления на выбранной оси заменяются линиями сетки. В правом верхнем углу рис. 7.6 представлен график, который использует линии сетки, а не деления.

**Нумерация.** При выборе этой опции на оси проставляются числовые значения.

**Автомасштаб.** Определяет способ, которым автоматически устанавливаются границы на осях, если они не были определены вручную. Если этот квадратик не помечен, MathCad устанавливает границу на оси по соответствующему предельному значению данных. Если квадратик помечен, то в качестве границы на оси берется значение, соответствующее последующей за предельным значением данных осевой метке.

**Метки.** При выборе этой опции можно добавлять к графику фоновые линии.

**Авто Сетка.** Когда отмечен этот квадратик, MathCad автоматически выбирает число интервалов сетки. Если квадратик не помечен, можно установить число интервалов сетки, вводя в поле **Размер сетки** число от 2 до 99.

**Размер сетки.** Это поле, доступное, когда режимы **Автомасштаб** и **Логарифм. шкала** выключены, указывает число интервалов сетки на соответствующей оси.

**Стиль осей графика.** Эти кнопки определяют стиль, в котором будут показаны оси графика. Кнопка **Ограниченная область** задает оси в виде прямоугольной рамки вокруг графика. Кнопка **Пересечение** показывает оси, пересекающиеся в центре графика. Если выбрать **Без границ**, оси не будут вообще отображаться на графике. На рис. 7.7 показано использование различных типов осей.

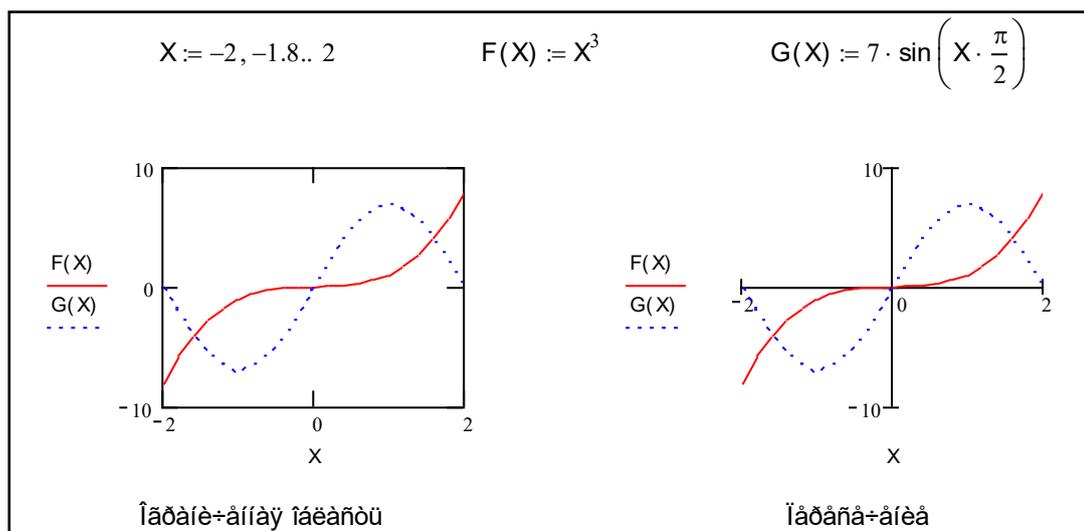


Рис. 7.7 - Использование различных стилей осей графика.

MathCad обеспечивает следующие возможности установки границ на осях координат:

- автоматически, с включенным режимом **Автомасштаб**;
- автоматически, с выключенным режимом **Автомасштаб**;
- вручную, вводя границы непосредственно на графике.

При включенном режиме **Автомасштаб**, который действует по умолчанию, MathCad устанавливает границу для каждой оси соответствующей первому главному делению, выходящему за пределы значений данных. При выключенном режиме **Автомасштаб** MathCad устанавливает границы на осях точно равными предельным значениям данных. На рис. 7.8 показано, как включение и выключение режима **Автомасштаб** изменяет внешний вид графика.

Если желательно использовать границы осей отличные от тех, которые устанавливает MathCad, можно ввести границы непосредственно на графике. Для этого можно указать эти значения при форматировании существующего графика. При щелчке мышью на графике MathCad отображает на границах осей четыре дополнительных числа, по одному на каждую границу на осях. Если изменить эти числа, то границы осей будут установлены по этим измененным значениям.

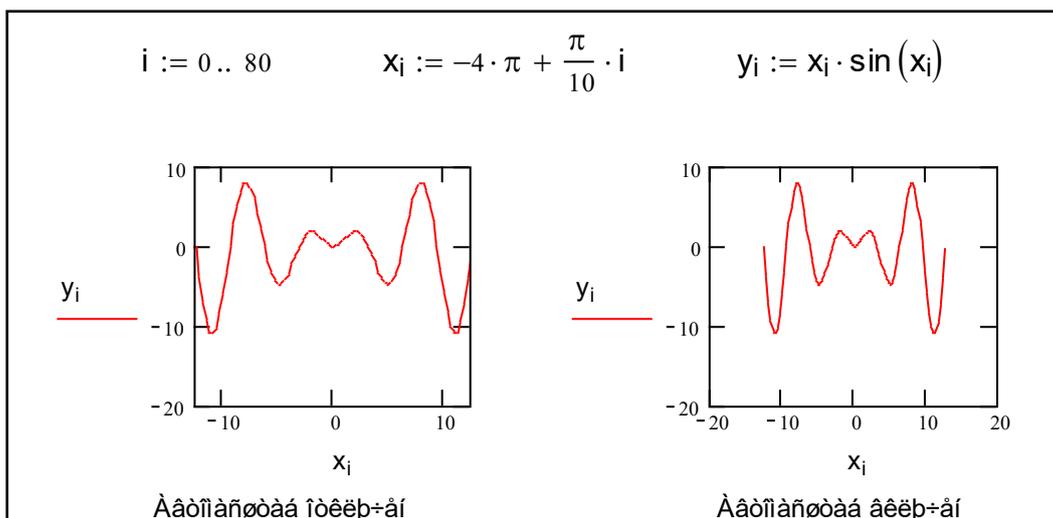


Рис. 7.8 - Влияние включения и выключения режима Автомасштаб.

### Форматирование линий графика

Закладка “След” (рис. 7.9) в диалоговом окне форматирования графика служит для изменения стиля линии графика.

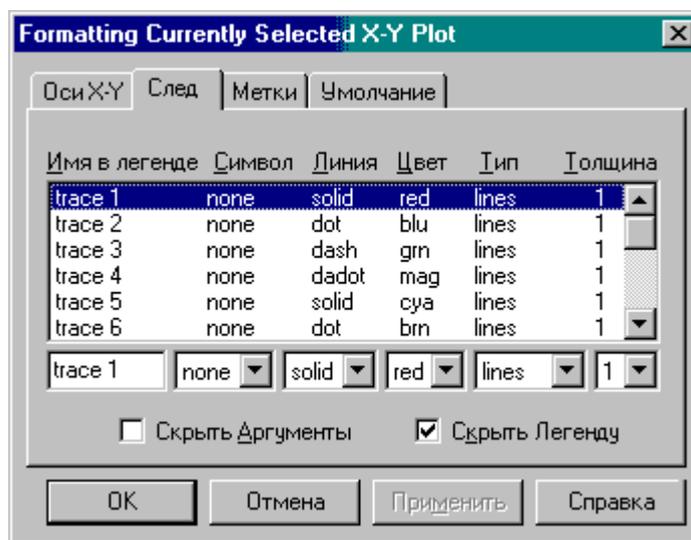


Рис. 7.9 - Закладка “След” диалогового окна форматирования графика.

На поле может располагаться до 16 разных графиков. Каждому из них соответствует строка в прокручиваемом списке. По мере появления новых графиков MathCad ставит в соответствие каждому одну из этих строк. Каждая строка имеет шесть полей.

**Имя в легенде.** Это название графика, появляющееся под графической областью вместе с образцом линии графика, если квадратик **Скрыть легенду** не помечен.

**Символ.** Это поле указывает, отмечать или нет каждую точку на кривой символом. Можно отмечать каждую точку символом  $x$ ,  $+$ , квадратиком (box), ромбом

(dmnd), кружочком (o) или не отмечать вообще (None). Если точки расположены близко друг к другу - лучше выбрать None.

**Линия.** Это поле указывает, является ли линия сплошной (solid), пунктирной (dot), штриховой (dash) или штрихпунктирной (dadot). Модифицируя тип линии, легко отличить немаркированные кривые в черно-белых распечатках.

**Цвет.** Это поле указывает цвет кривой.

**Тип.** Это поле управляет типом графика. MathCad может создавать графики в виде кривой (lines), столбчатой диаграммы (bar), ступенчатой кривой (step), интервалов ошибок (error - вид графика строится с использованием двух функций) и точек (points). Примеры различных типов графиков представлены на рис. 7.10.

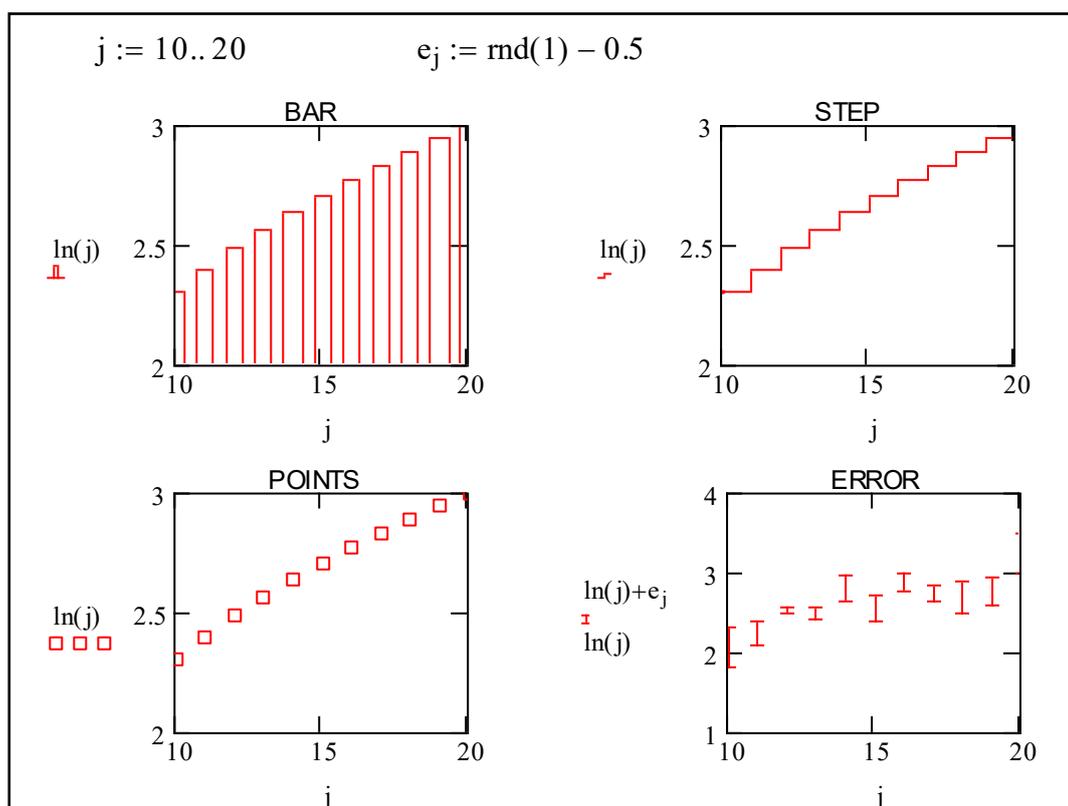


Рис. 7.10 - Примеры различных типов графиков.

**Толщина.** Это поле управляет насыщенностью или толщиной графика. Значение 1 соответствует самому тонкому графику, 9 - самому толстому. Если выбран тип графика в виде точек, это поле устанавливает насыщенность точек, из которых состоит график.

Кроме прокручивающегося списка кривых и связанных с ним раскрывающихся списков, закладка “След” имеет два переключателя: **Скрыть аргументы** и **Скрыть легенду**.

## Нанесение надписей на график

Закладка “**Метки**” (рис. 7.11) диалогового окна форматирования графика предназначена для создания поясняющих надписей на графиках.

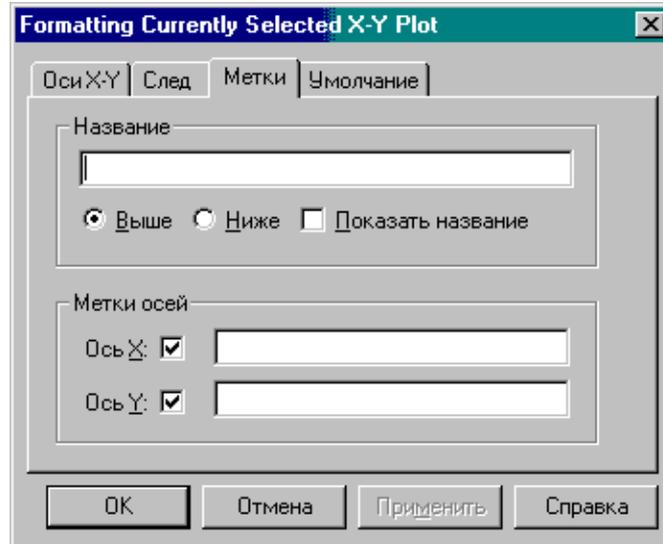


Рис. 7.11 - Закладка “**Метки**” диалогового окна форматирования графика.

MathCad позволяет делать следующие поясняющие надписи на графике:

- название - выше или ниже графика;
- названия осей (Метки осей);
- имена кривых (Легенда), идентифицирующие отдельные графики (по умолчанию скрыты);
- аргументы – выражения слева от горизонтальной оси (отображаются по умолчанию).

Рис. 7.12 показывает относительные расположения каждого из этих типов надписей на графиках с осями в различном виде.

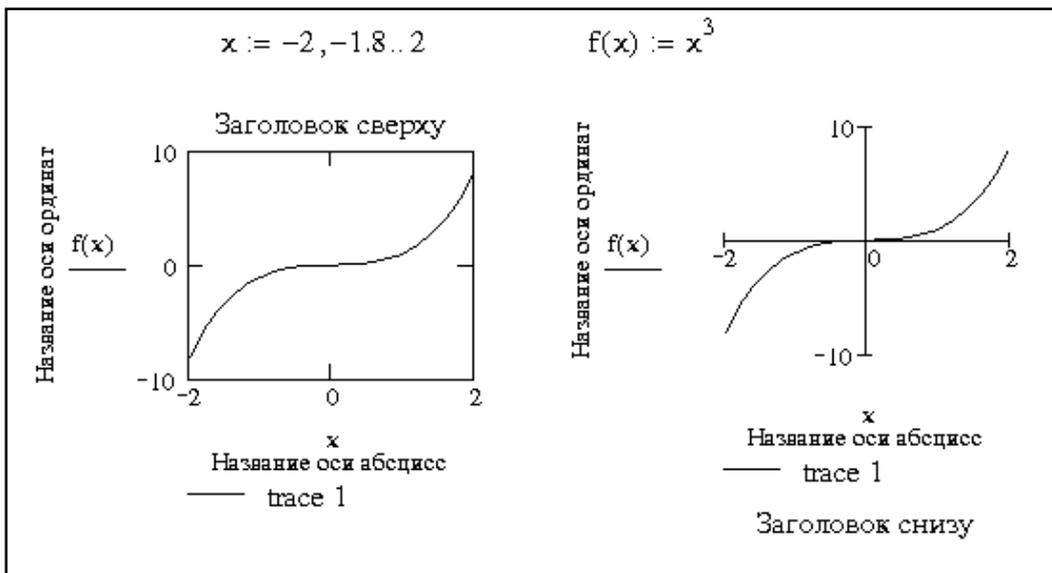


Рис. 7.12 - Графики с различными надписями.

Чтобы подавить отображение аргументов, необходимо отметить квадратик **Скрыть Аргументы**, а чтобы показать имена кривых, нужно снять пометку с опции **Скрыть Легенду** на рис. 7.9.

### **Изменение размеров графика**

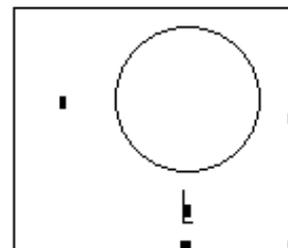
Для изменения размеров графика его нужно выделить буксировкой мыши, включив графическую область в пунктирный выделяющий прямоугольник. Если после этого переместить указатель мыши к правой или нижней стороне пунктирного прямоугольника, то указатель мыши изменится на двойную стрелку. Теперь буксировкой мыши можно изменить размеры графика в соответствующем направлении.

При изменении размеров графика, использующего установку AutoGrid, MathCad может удалять или добавлять деления или линии сетки, чтобы поддержать принятый по умолчанию интервал делений.

## **7.2 Графики в полярных координатах**

В ряде случаев при построении графиков удобнее пользоваться полярными, а не декартовыми координатами. Чтобы создать график в полярных координатах необходимо:

- ┌ определить дискретную переменную, соответствующую угловой переменной графика (на рис. 7.13 -  $\Theta$ );
- ┌ задать функцию, определяющую зависимость радиуса от угла (на рис. - $R(\Theta)$ );
- ┌ щелкнуть мышью в месте создания графика;
- ┌ выбрать пункт меню **Вставка/График/Полярные координаты**. MathCad создает пустой полярный график с двумя пустыми полями ввода.
- ┌ ввести в поле внизу угловую переменную графика, которая должна представлять дискретную переменную или любое выражение, включающее дискретную переменную;
- ┌ ввести в поле слева выражение для радиуса.



В MathCad полярные графики изображаются путем замены  $R$  и  $\Theta$  на декартовы координаты  $X$  и  $Y$  с использованием стандартных преобразований  $X = R \cos \Theta$  и  $Y = R \sin \Theta$ . Предполагается, что  $R$  и  $\Theta$  могут принимать и положительные и отрицательные значения.

На рис. 7.13 слева показан пример простейшего полярного графика.

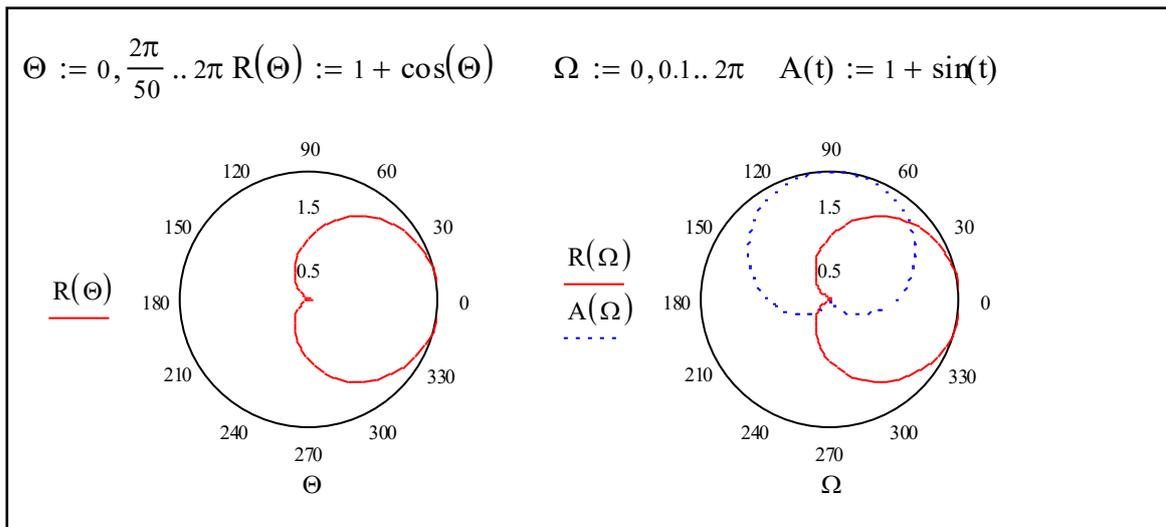


Рис. 7.13 - Пример графика в полярных координатах.

Так же как и в декартовых координатах, можно построить несколько графиков на одном поле в полярных координатах. Каждое выражение образует траекторию. График в полярных координатах может либо отображать различные зависимости  $R$  от одного выражения для  $\Theta$ , либо содержать графики согласованных пар выражений для  $R$  и выражений для  $\Theta$ .

Чтобы построить графики различных выражений для  $R$ , соответствующих одному выражению для  $\Theta$ , после ввода первого выражения для  $R$  нужно поставить запятую и ввести второе выражение в появившееся поле ввода. Все выражения должны использовать одну и ту же дискретную переменную, как это показано на рис. 7.13 справа.

Чтобы построить несколько независимых кривых на одном графике, необходимо ввести два или более выражений, разделенных запятыми, в поле ввода внизу и столько же выражений - в поле ввода слева. Например, чтобы отобразить зависимости  $R$  от  $\Theta$  и  $S$  от  $\varphi$ , нужно напечатать  $R(\Theta), S(\varphi)$  в одном поле ввода и  $\Theta, \varphi$  - в другом. MathCad согласует выражения попарно -  $R(\Theta)$  с  $\Theta$ ,  $S(\varphi)$  с  $\varphi$ , и затем, выводит графики для каждой пары. Каждая согласованная пара должна использовать одну и ту же дискретную переменную. Дискретная переменная для одной согласованной пары не должна содержать дискретные переменные для других пар.

Полярные графики можно форматировать, изменяя:

- оси графика;
- линии графика;
- надписи на графиках.

Форматирование полярных графиков осуществляется так же, как и форматирование графиков в декартовых координатах (см. раздел 7.1.4.).

### 7.3 Графики поверхностей

В отличие от двумерных графиков, которые используют дискретные аргументы и функции, трехмерные графики требуют предварительного создания матрицы значений поверхности.

Для создания графика поверхности необходимо:

    ) определить матрицу значений, которую нужно отобразить графически. MathCad будет использовать номер строки и столбца матрицы в качестве координат по осям  $X$  и  $Y$ . Элементы матрицы будут представлены на графике как высоты выше или ниже плоскости  $X$ - $Y$ ;

    ) выбрать пункт меню **Вставка/График/Поверхности**. MathCad покажет пустую рамку с одним полем ввода;

    ) ввести имя матрицы в пустое поле.

Пример создания графика поверхности описанным способом показан на рис.7.14 слева.

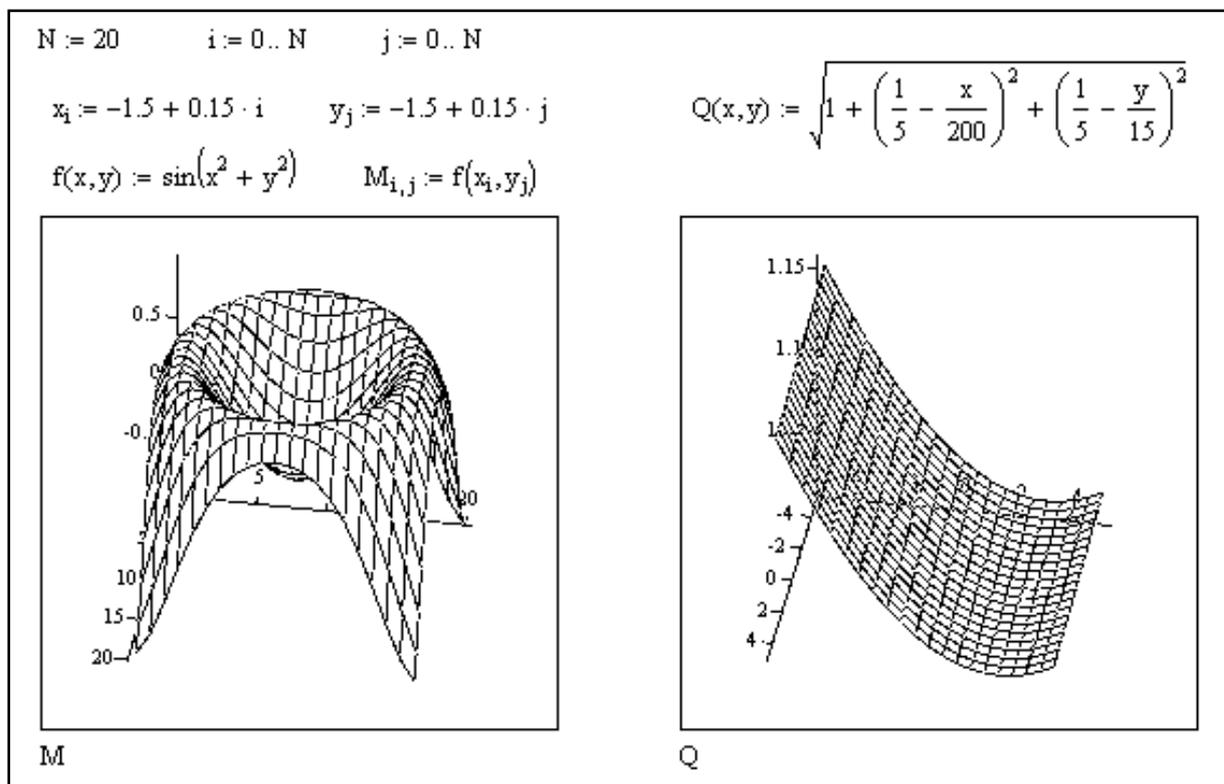


Рис. 7.14 - График поверхности функции двух переменных.

MathCad дает пространственное изображение матрицы в виде двумерной сетки, расположенной в трехмерном пространстве. Каждый элемент матрицы представляется как точка на высоте пропорциональной значению элемента матрицы. По умолчанию, ориентация поверхности такова, что первая строка матрицы простирается из дальнего левого угла сетки направо, а первый столбец идет из дальнего левого угла по направлению к наблюдателю. Точки на графике соединяются линиями, которые образуют поверхность. На осях  $X$ ,  $Y$  откладываются номера строк и столбцов матрицы.

Пространственное представление поверхности можно менять, изменяя наклон графика или вращая его с помощью мыши, когда график выделен.

В MathCad 2000 реализована быстрая технология построения трехмерных графиков. При этом достаточно записать только анализируемую функцию двух аргументов, чтобы сразу отобразить её графически (рис. 7.14 справа). По умолчанию значения аргументов функции в этом случае лежат в пределах от  $-5$  до  $+5$ , а число узлов разбиения сетки равно 20 по обеим координатам.

MathCad позволяет построить поверхность, заданную параметрически. Для этого необходимо создать три матрицы, имеющие одинаковое число строк и столбцов, и ввести имена этих матриц в пустое поле ввода через запятую. Область изменения параметров является прямоугольником, покрытым равномерной сеткой. Три матрицы отображают эту область в трехмерное пространство. Пример поверхности, заданной параметрически, представлен на рис. 7.15.

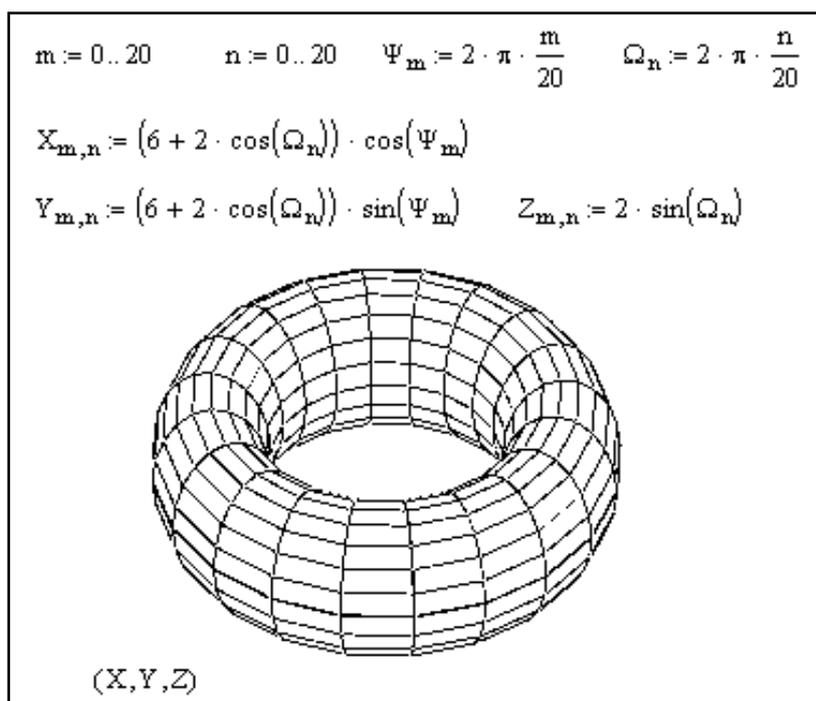


Рис. 7.15 - Создание поверхности, заданной параметрически.

Трехмерный график можно форматировать, изменяя вид графика, оси, цвет и линии, надписи и т.д. Для форматирования графика нужно сделать двойной щелчок в области графика, что вызывает появление диалогового окна **“Формат 3D графика”**.

Это окно свойств содержит 9 закладок, каждая из которых позволяет задать более десятка параметров графика, поэтому ниже будут рассмотрены только основные из них.

Закладка «Общий», показанная на рис. 7.16, содержит параметры, управляющие ракурсом наблюдения:

- «Вращение» – поворачивает график по часовой стрелке на установленный угол;
- «Наклон» – поднимает точку наблюдения над координатной плоскостью X-Y. Когда наклон равен нулю, график виден сбоку, когда наклон  $90^\circ$  - сверху.

На этой же закладке можно изменить представление трехмерного графика и задать его в виде:

- поверхностного графика;

- точек данных;
- контурного графика;
- трехмерной диаграммы.

На рис. 7.17 показаны различные способы представления одной и той же поверхности.

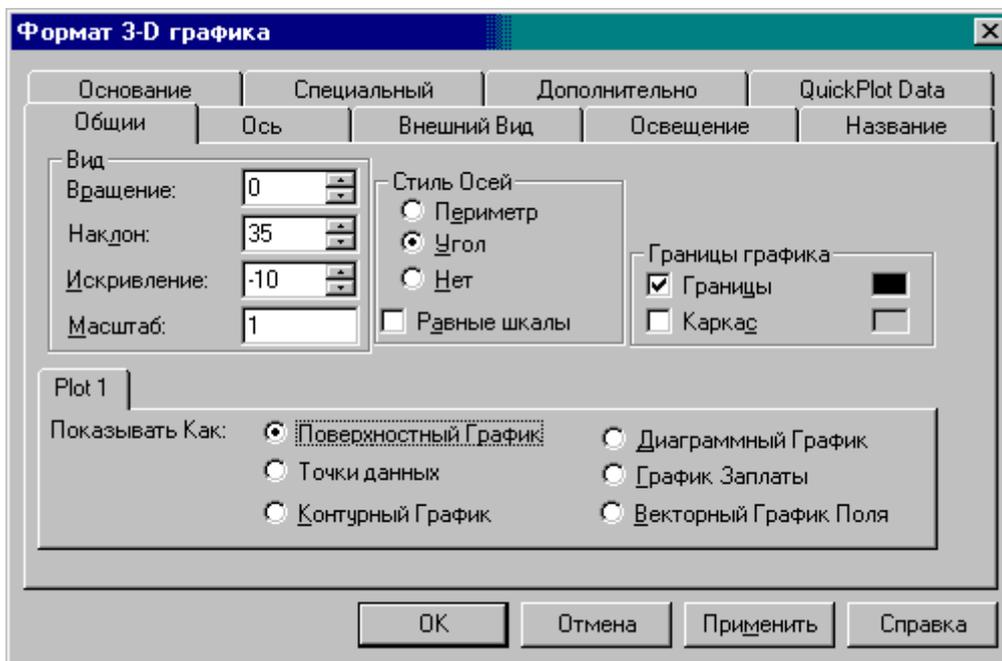


Рис. 7.16 - Закладка "Вид" диалогового окна форматирования трехмерного графика.

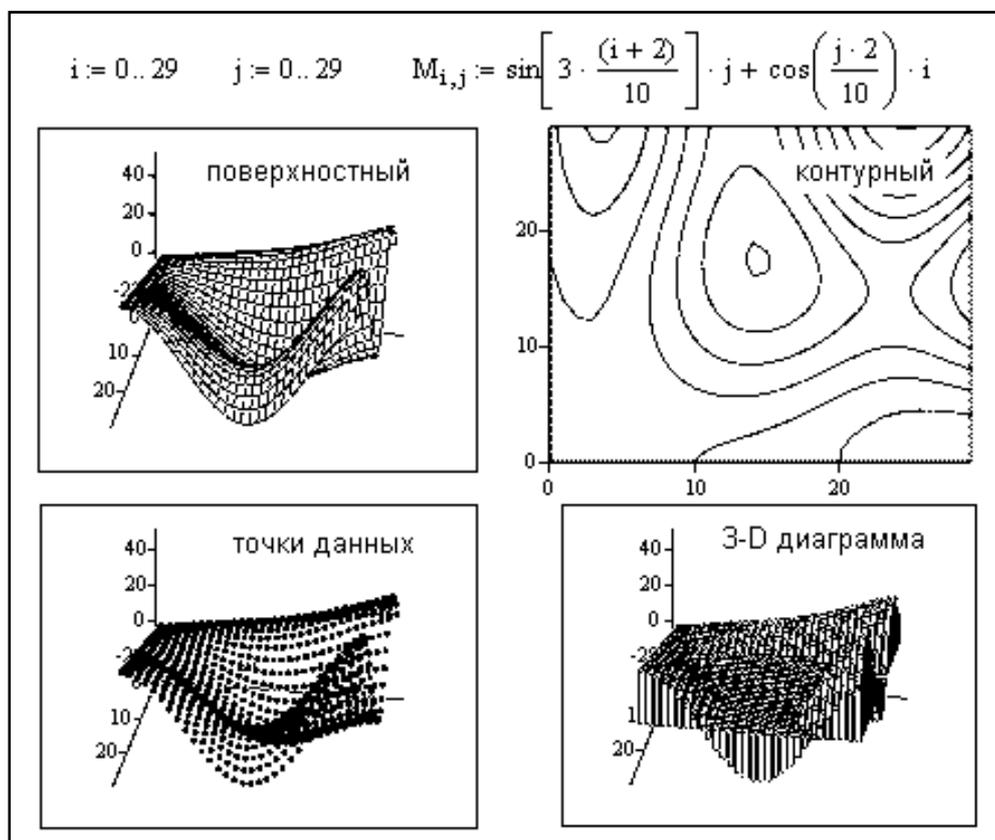


Рис. 7.17 – Способы представления трехмерного графика.

Закладка “Ось” диалогового окна форматирования трехмерного графика представлена на рис. 7.18.

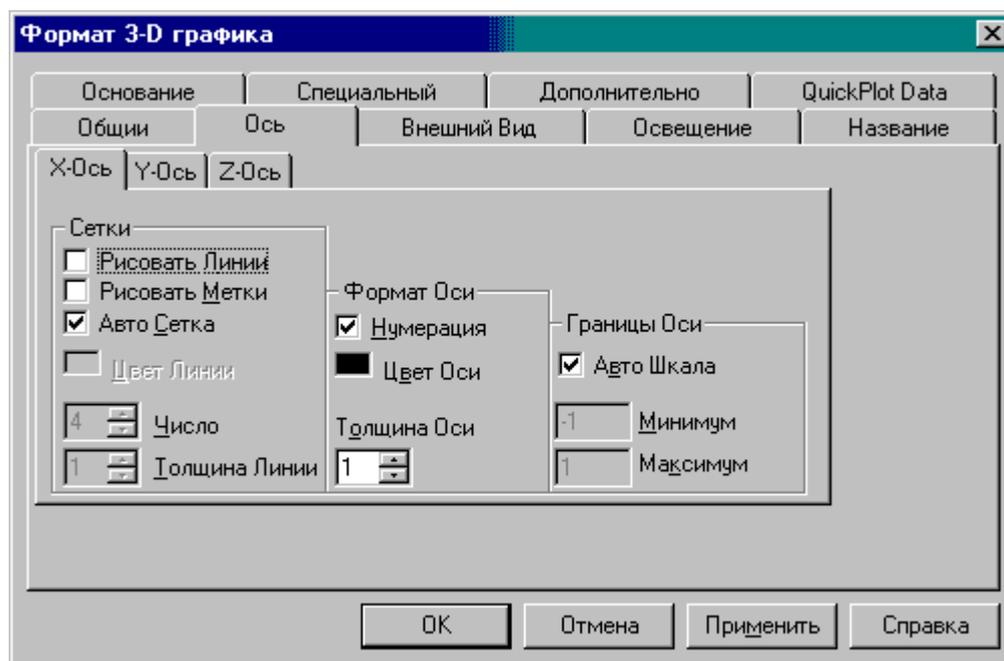


Рис. 7.18 - Закладка “Ось” окна форматирования трехмерного графика.

Каждая ось описана своим собственным набором переключателей и полей. MathCad рисует линии сетки для поверхностных графиков одновременно на двух смежных с данной осью координатных плоскостях. Таким образом, линии сетки  $X$ -оси представляют линии постоянного значения  $X$ , проведенные на двух ортогональных плоскостях  $XZ$  и  $YZ$ , пересечение которых образует ось  $X$ . Линии сетки  $X$  и  $Y$  осей определяются аналогично.

Чтобы провести линии сетки, проходящие через деления на выбранной оси, нужно отметить квадратик «Рисовать линии» соответствующий этой оси. Для добавления числа делений по оси нужно использовать флажок «Нумерация» для этой оси.

Число интервалов на оси устанавливается автоматически («Авто Сетка») или вручную («Число»).

Для установки вручную пределов на нужной оси необходимо отключить «Авто Шкала» для соответствующей оси и указать необходимые пределы в полях «максимум», «минимум».

Закладка “Внешний вид” окна форматирования трехмерного графика представлена на рис. 7.19.

Часто можно представить поверхность более наглядно, используя различные цвета для представления различных значений  $Z$ . Способ окраски графика задается в группе параметров «Параметры цвета», «Параметры заливки».

- ┌ Палитра - самые большие значения матрицы будут показаны красным цветом, самые маленькие - синим. Промежуточные значения имеют цвет от желтого до зеленого.
- ┌ Сплошной Цвет - поверхность закрашена одним заданным цветом.

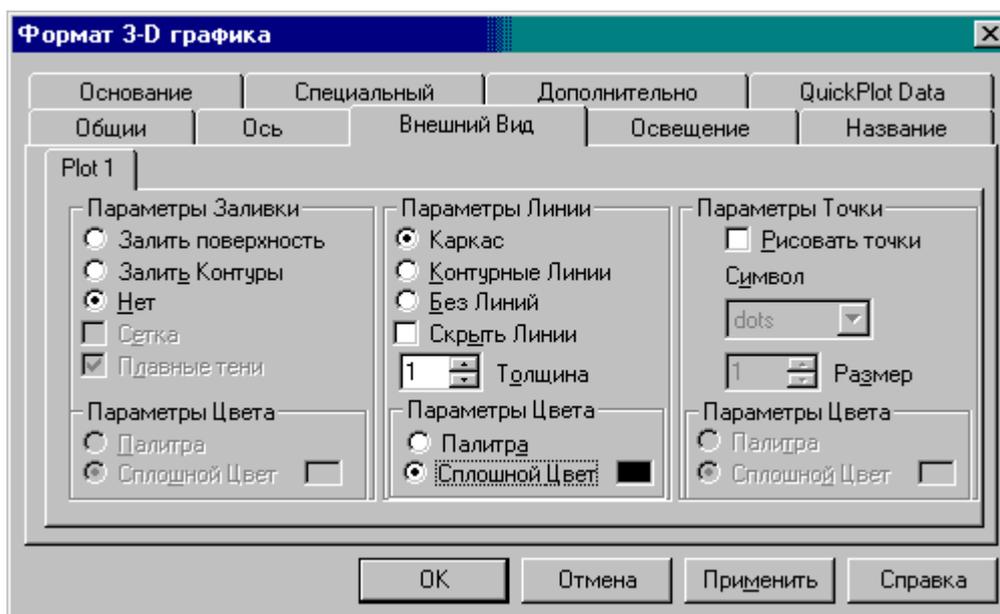


Рис. 7.19 - Закладка “Внешний вид” окна форматирования трехмерного графика.

График, построенный с использованием быстрой технологии, можно отформатировать с использованием закладки «Quick Plot Data», показанной на рис. 7.20. Здесь можно изменить пределы изменения аргументов и число узлов разбиения сетки, заданные по умолчанию.

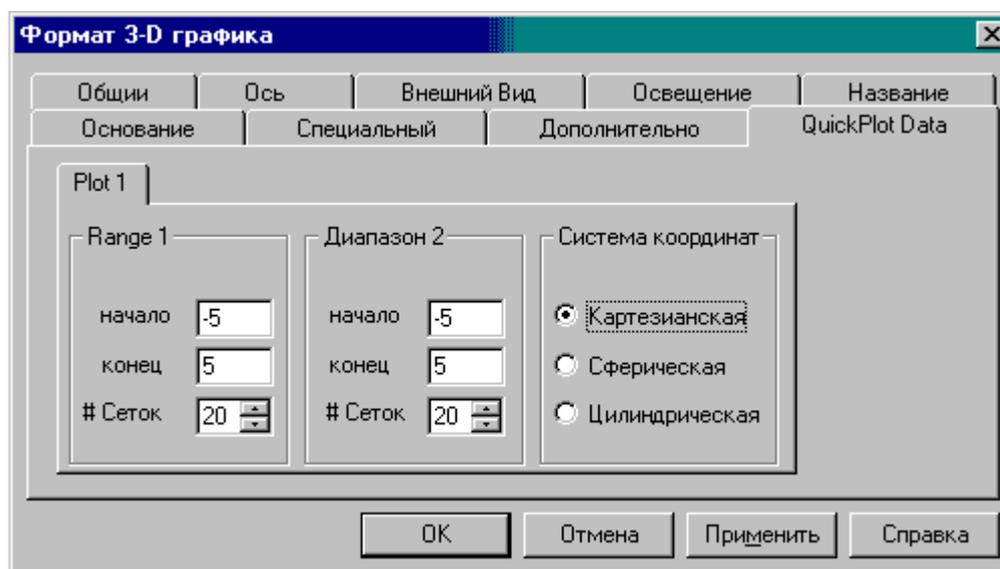


Рис.7.20– Закладка «Quick Plot Data» окна форматирования 3-х мерного графика.

## 8 ВСТРОЕННЫЕ ОПЕРАТОРЫ И ФУНКЦИИ

В данном разделе описываются основные встроенные операторы и функции MathCad, за исключением определенных для векторов и матриц, которые описаны в разделе [ 6.5 ].

### 8.1 Список операторов

В таблице 8.1 приведен список наиболее часто используемых операторов MathCad, при этом используются следующие обозначения:

- $z, w$  - вещественное или комплексное число;
- $n$  - целое число;
- $f$  - функция.

Большинство операторов можно ввести, используя палитры операторов. Иногда это быстрее можно сделать с помощью клавиатуры.

Таблица 8.1- Список основных операторов MathCad.

Операция	Клавиши	Операция
$n !$	!	Вычисление факториала числа $n$ .
$\bar{z}$	“	Комплексно сопряженное число $z$ .
$z^w$	^	Возведение $z$ в степень $w$ .
$\sqrt{z}$	\	Квадратный корень для положительного $z$ .
$\sqrt[n]{z}$	ctrl/\	Корень $n$ -ой степени из $z$ .
$ z $		Вычисление модуля $z$ .
$\int_a^b f(t) dt$	&	Вычисление определенного интеграла.
$\frac{d}{dt} f(t)$	?	Вычисление производной $f(t)$ по $t$ .
$\frac{d^n}{dt^n} f(t)$	ctrl/?	Вычисление производной $n$ -го порядка функции $f(t)$ по $t$ .

### 8.2 Вычисление производных

Оператор вычисления производной MathCad предназначен для нахождения численного значения производной функции в заданной точке. Например, чтобы найти производную от  $X^3$  по  $X$  в точке  $X = 2$ , необходимо:

- 1) определить точку, в которой находится значение производной  $X = 2$ ;
- 2) перевести указатель ввода ниже определения  $X$  и щелкнуть мышью. Затем с помощью палитры операторов или клавиатуры ( ? ) вызвать оператор вычисления производной первого порядка;

- )] в пустое поле внизу ввести X. Это имя переменной, по которой производится дифференцирование;
- )] в пустое поле справа от  $d/dx$  ввести  $X^3$ . Это выражение, которое нужно дифференцировать;
- )] написать знак =, чтобы увидеть результат.

Первая производная в MathCad обычно вычисляется с точностью 7 - 8 значащих цифр. Эта точность уменьшается на одну значащую цифру при каждом увеличении порядка производной.

Необходимо помнить, что результат дифференцирования есть не функция, а число - значение производной в заданной точке.

Можно определить одну функцию, как производную от другой, например:

$$f(x) := \frac{d}{dx} g(x)$$

Вычисление  $f(x)$  будет возвращать в численной форме производную  $g(x)$  в точке  $x$ . Эта методика может быть использована для вычисления производной в последовательности точек, как это показано на рис. 8.1.

В MathCad существует оператор для вычисления производных  $n$  - го порядка ( $n \leq 5$ ). Оператор можно ввести с помощью палитры операторов или клавиатуры (комбинация клавиш [Ctrl]/?).

Пустое поле внизу предназначено для ввода переменной, по которой производится дифференцирование, поле чуть выше и правее - для ввода порядка производной. Поле в числителе автоматически отображает этот порядок. В поле справа от  $d/dx$  вводится выражение, которое нужно дифференцировать. Пример вычисления производной третьего порядка показан на рис. 8.1.

$x := 2$	$y := 10$	$g(t) := 5 \cdot t^4$						
$\frac{d}{dx} x^4 = 32$		$f(t) := \frac{d}{dt} g(t)$						
$\frac{d}{dx} x^4 \cdot y = 320$		$i := -2..3$						
$\frac{d}{dy} x^4 \cdot y = 16$		$g(i) =$						
		$f(i) =$						
$\frac{d^3}{dx^3} x^4 = 48$		<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td>80</td></tr> <tr><td>5</td></tr> <tr><td>0</td></tr> <tr><td>5</td></tr> <tr><td>80</td></tr> <tr><td>405</td></tr> </table>	80	5	0	5	80	405
80								
5								
0								
5								
80								
405								
		<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td>-160</td></tr> <tr><td>-20</td></tr> <tr><td>0</td></tr> <tr><td>20</td></tr> <tr><td>160</td></tr> <tr><td>540</td></tr> </table>	-160	-20	0	20	160	540
-160								
-20								
0								
20								
160								
540								

Рис. 8.1 - Примеры вычисления производных.

### 8.3 Вычисление интегралов

Оператор интегрирования в MathCad предназначен для вычисления определенного интеграла от функции в заданных пределах.

Для вычисления интеграла необходимо:

- ⌋ установить указатель ввода на свободное место рабочего документа;
- ⌋ с помощью палитры операторов или клавиатуры ( & ) вызвать оператор вычисления интеграла. Появится знак интеграла с пустыми полями для подинтегрального выражения, пределов интегрирования и переменной интегрирования;
- ⌋ ввести в пустые поля нужные величины;
- ⌋ написать знак =, чтобы увидеть результат.

При использовании оператора интегрирования необходимо учитывать следующее:

- пределы интегрирования должны быть вещественными, а подинтегральное выражение может быть вещественным или комплексным;
- кроме переменной интегрирования все переменные в подинтегральном выражении должны быть определены ранее;
- переменная интегрирования должна быть переменной без индекса.

Чтобы получить значения интеграла для нескольких значений параметра (например, верхнего или нижнего предела интегрирования) можно использовать интеграл совместно с дискретным аргументом, как это показано на рис. 8.2.

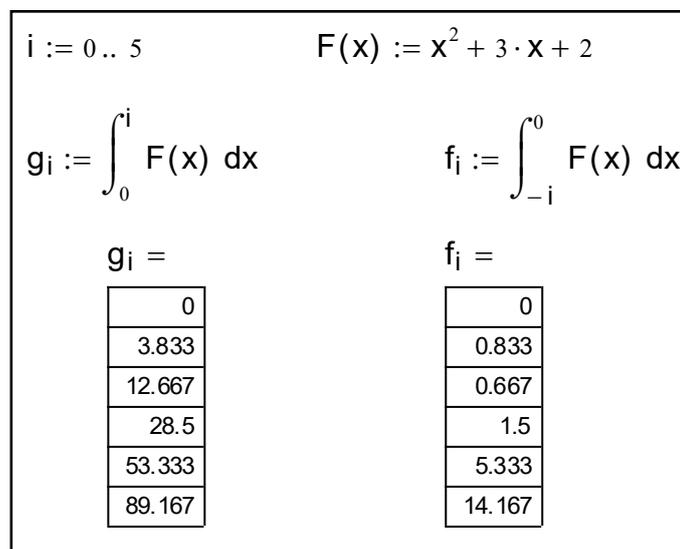


Рис. 8.2. Переменные пределы интегрирования.

Численный алгоритм интегрирования MathCad делает последовательные вычисления значения интеграла сначала для интервала интегрирования, разбитого на четыре подинтервала, а затем удваивает число точек разбиения. За результат принимается такое значение интеграла, когда два последних значения отличаются не более, чем на величину встроенной переменной TOL. При необходимости можно изменять точность вычислений, задавая необходимую величину значения TOL.

MathCad может быть использован для вычисления криволинейных интегралов в комплексной плоскости. Для этого сначала нужно задать параметрическое уравнение контура, а затем интегрировать по параметру, как это показано на рис. 8.3.

$$\begin{array}{ll}
 x(t) := 2 \cdot \cos(t) & y(t) := 2 \cdot \sin(t) \\
 \\ 
 z(t) := x(t) + i \cdot y(t) & \\
 \\ 
 f(z) := \frac{1}{z} & \\
 \\ 
 \int_0^{\pi} f(z(t)) \cdot \frac{d}{dt} z(t) dt = 3.142i & 
 \end{array}$$

Рис. 8.3 - Вычисление криволинейного интеграла по пути в комплексной плоскости.

В MathCad можно вычислять также двойные или кратные интегралы, для чего нужно ввести оператор интегрирования дважды, а затем ввести подинтегральное выражение, пределы и переменные интегрирования для каждого интеграла. Пример вычисления двойного интеграла представлен на рис. 8.4.

$$\begin{array}{l}
 \delta(x, y) := \sqrt{x^2 + y^2} \\
 \\ 
 \text{mass} := \int_0^1 \int_0^x \delta(x, y) dy dx \quad \text{mass} = 0.383 \\
 \\ 
 \text{XC} := \frac{1}{\text{mass}} \cdot \int_0^1 \int_0^x x \cdot \delta(x, y) dy dx \quad \text{XC} = 0.75 \\
 \\ 
 \text{YC} := \frac{1}{\text{mass}} \cdot \int_0^1 \int_0^x y \cdot \delta(x, y) dy dx \quad \text{YC} = 0.398
 \end{array}$$

Рис. 8.4. Пример вычисления двойного интеграла.

## 8.4 Встроенные функции

В разделе [6.6] были описаны встроенные функции для работы с векторами и матрицами. В данном разделе приводятся наиболее часто употребляемые общематематические функции для работы со скалярами. Следует отметить, что, во-первых, приведенный здесь список функций не претендует на полноту, а во-вторых, многие специальные функции MathCad, предназначенные для реализации численных методов, будут описаны во второй части пособия. С полным списком всех функций MathCad можно ознакомиться, вызвав пункт меню **Вставка/Функция**.

При этом на экране появляется диалоговое окно работы с функциями, представленное на рис. 8.5.

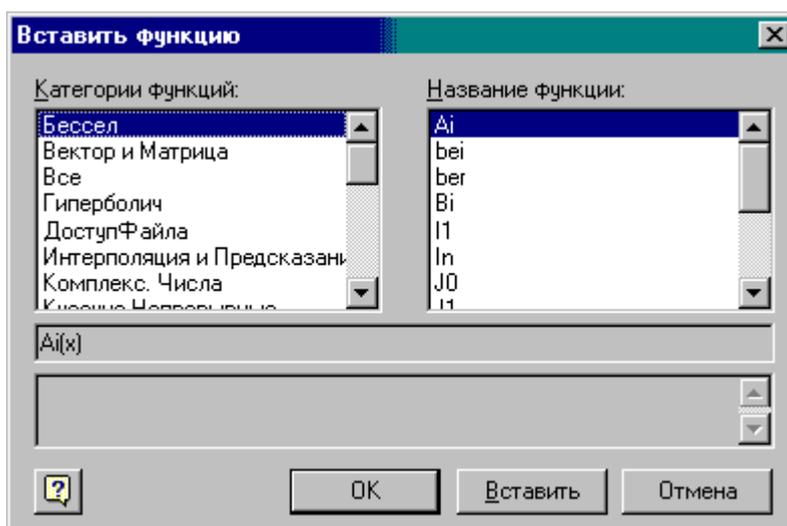


Рис. 8.5 – Окно работы с функциями MathCad 2000.

В окне «Вставить функцию» встроенные функции разбиты на категории:

- функции Бесселя;
- функции работы с векторами и матрицами;
- гиперболические функции;
- функции работы с файлами;
- функции интерполяции и экстраполяции (предсказания);
- функции для работы с комплексными числами;
- кусочно-непрерывные функции;
- логарифмические и экспоненциальные функции;
- функции обработки изображений;
- специальные (особые) функции;
- функции плотности вероятности;
- функции волнового преобразования;
- функции преобразования Фурье;
- функции распределения вероятности;
- функции регрессии и сглаживания;
- функции решения алгебраических уравнений и систем;
- функции решения дифференциальных уравнений и систем;
- текстовые функции;

- функции генерации случайных чисел;
- функции сортировки;
- статистические функции;
- функции теории чисел и комбинаторики;
- функции типа выражение;
- тригонометрические функции;
- функции округления и усечения;
- финансовые функции;
- функции обработки эмпирических кривых.

Имена всех встроенных функций чувствительны к регистру, поэтому при вводе с клавиатуры они должны быть напечатаны с использованием прописных или строчных букв точно так же, как показано в приведенных ниже таблицах.

Для ввода функции можно также использовать меню, для этого нужно:

- ⌋ выбором команды **Вставка/Функция** или щелчком на пиктограмме  вызвать диалоговое окно вставки функции;
- ⌋ выполнить двойной щелчок мышью на имени функции, которую необходимо вставить.

Чтобы применить функцию к уже введенному выражению, необходимо выделить выражение линией редактирования и затем вызвать функцию, как это описано выше.

Таблица 8.2 – Тригонометрические и гиперболические функции MathCad.

$\sin ( z )$	$\operatorname{asin} ( z )$	$\sinh ( z )$	$a \sinh ( z )$
$\cos ( z )$	$\operatorname{acos} ( z )$	$\cosh ( z )$	$a \cosh ( z )$
$\tan ( z )$	$\operatorname{atan} ( z )$	$\tanh ( z )$	$a \tanh ( z )$
$\cot ( z )$	$\operatorname{acot} ( z )$	$\operatorname{coth} ( z )$	$\operatorname{acoth} ( z )$
$\operatorname{csc} ( z )$	$\operatorname{acsc} ( z )$	$\operatorname{csch} ( z )$	$\operatorname{acsch} ( z )$
$\operatorname{sec} ( z )$	$\operatorname{asec} ( z )$	$\operatorname{sech} ( z )$	$\operatorname{asech} ( z )$

Функции определены не только для вещественного, но и для комплексного аргумента. Аргумент всех тригонометрических функций должен быть выражен в радианах, для перехода к градусам используется встроенная константа *deg*, например, для вычисления синуса  $45^\circ$  нужно ввести  $\sin(45 \uparrow \operatorname{deg})$ .

Обратные тригонометрические функции возвращают угол в радианах между 0 и  $2\pi$ . Для преобразования в градусы можно также воспользоваться константой *deg*.

Таблица 8.3 - Логарифмические и показательные функции.

Функция	Пояснение
$\exp(z)$	е в степени $z$
$\ln(z)$	натуральный логарифм $z$ ( $z \neq 0$ )
$\log(z)$	логарифм $z$ по основанию 10 ( $z \neq 0$ )

Таблица 8.4 - Специальные функции MathCad.

Функция	Пояснение
$\operatorname{erf}(x)$	интеграл ошибок $\frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-t^2} dt$
$\operatorname{Re}(z)$	вещественная часть $z$
$\operatorname{Im}(z)$	мнимая часть $z$
$\operatorname{arg}(z)$	аргумент $z$ : значение $\Theta$ , когда $z$ , представлен в форме $r \cdot e^{i\Theta}$ . Результат заключен между $-\pi$ и $\pi$ .
$\operatorname{floor}(x)$	наибольшее целое число $\leq x$
$\operatorname{ceil}(x)$	наименьшее целое число $\geq x$
$\operatorname{mod}(x, y)$	остаток от деления $x$ на $y$
$\operatorname{if}(\operatorname{cond}, \operatorname{tval}, \operatorname{fval})$	условная функция: $\operatorname{cond}$ - условие вида $X > Y$ , $X \neq Y$ , $X = Y$ , $X < Y$ , $X \geq Y$ , $X \leq Y$ ; $\operatorname{tval}$ - величина, возвращаемая функцией, если условие $\operatorname{cond}$ отлично от нуля ("истина"); $\operatorname{fval}$ - величина, возвращаемая функцией, если условие $\operatorname{cond} = 0$ ("ложь")

## 9 ЗАДАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ НА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТАХ

### 9.1 Построение выражений

Представить в виде выражений MathCad следующие алгебраические формулы и вычислить их значения для  $a=1.5$ ,  $b=0.77$ ,  $c=-2.37$ ,  $x=\pi/6$ ,  $y=1.234$ .

Выражения расположить в столбик, слева разместить номер задания, записанный в текстовой области. Правильность набора выражения проверить, сравнивая результат вычисления с ответом, записанным в квадратных скобках.

$$9.1.1 \quad \frac{a+b}{2a-b}(a+c^2) \cdot \sin x \quad [ 3.622 ]$$

$$9.1.2 \quad 1+x+\frac{x^2}{2!}+\frac{x^3}{3!} \quad [ 1.685 ]$$

$$9.1.3 \quad \left(\frac{\sqrt{x}+3 \cdot a+y}{2 \cdot x}\right)^3 - \frac{|30 \cdot x-1|}{x-3 \cdot a-\sqrt{y}} \quad [237.383]$$

$$9.1.4 \quad \frac{a-b}{c+\frac{a}{c+\frac{b}{c-b}}} \quad [ -0.248 ]$$

$$9.1.5 \quad 8.36 \cdot 10^{-2} \cdot \left(\frac{a}{a-b}-1\right) \cdot \cos^2 x - \ln \left(\frac{a}{a-b}+a^2\right) \cdot e^{-x^2} \quad [ -1.044 ]$$

$$9.1.6 \quad 3 \sin x^2 + x^4 \left(1 + \frac{x-\frac{a}{x}}{x+\frac{a}{x}}\right) \cdot \operatorname{tg} \sqrt{x} - 1 \quad [ -0.167 ]$$

$$9.1.7 \quad \left(3 \sin x + 4 \cos^2 \frac{x^2}{\sqrt{x+1}}\right)^2 \quad [ 28.153 ]$$

$$9.1.8 \quad \frac{|x^2-1|}{x+1} + 3.6 \cdot \left(x - (\sin x + 1)^2 + \cos^2 x + 1\right) \quad [ 0.561 ]$$

$$9.1.9 \quad e^{-x^2 + \frac{1}{x}} - 3 \sin \frac{\pi}{4} x + 7 \exp(x-5) \quad [ 4.956 ]$$

$$9.1.10 \quad \sin^2 |x-1| + \left(\cos \frac{x}{2} - \frac{\sin^4 x + x^2}{\sqrt{|x-1|}} + \frac{3x^4 - 2}{\pi \cdot y^2}\right) \cdot \frac{1}{\operatorname{tg} x} \quad [ 0.396 ]$$

## 9.2 Редактирование формул

Выделить выражения, набранные при выполнении пункта 9.1 и скопировать на свободное место рабочего листа. Выполнить задания на редактирование. Проверить правильность редактирования выражений, сравнивая получившийся результат с ответом.

- 9.2.1 В выражении 9.1.1 заменить все знаки + на знаки - [ -0.674 ]
- 9.2.2 В выражении 9.1.2 заменить  $x$  на  $x+1$  [ 4.274 ]
- 9.2.3 Поставить перед первым слагаемым в 9.1.3. знак - [-231.601]
- 9.2.4 В выражении 9.1.4 возвести числитель  $(a-b)$  в квадрат [ -0.181 ]
- 9.2.5 Во втором слагаемом выражения 9.1.5 заменить знаки - на + , а переменную  $a$  на  $x$  [ 0.576 ]
- 9.2.6 В выражении 9.1.6 заменить функцию  $\sin$  на  $\cos$ , а  $\operatorname{tg}$  - на  $\ln$  [ 1.88 ]
- 9.2.7 Изменить аргумент функции  $\cos$  в выражении 9.1.7  
на  $\sqrt{\frac{x}{x+1}}$  [18.282]
- 9.2.8 Извлечь квадратный корень из первого слагаемого выражения 9.1.8 [ 0.775 ]
- 9.2.9 Добавить к показателю степени первого слагаемого выражения 9.1.9 величину  $a$  [22.828]
- 9.2.10 Убрать оба знака модуля и знак квадратного корня в выражении 9.1.10 [ 2.465]

## 9.3 Вычисления

9.3.1 Определить функцию  $f(x,p)$  и с помощью этого определения вычислить значение функции в заданных точках:

a)  $f(x, p) = (2p)^{1/2} \cdot x^{x+1} \cdot e^{-x} \cdot e^{-\sqrt{\frac{1}{2px}}}$  для  $x=4.2$ ;  $p=0.39$   
[Ответ : 13.273]

b)  $f(x, p) = -2\sqrt{p + \frac{4x^2}{|\sin x|} - \frac{\cos^4 x}{x}}$  для  $x=0.21$ ;  $p=1,35$

c)  $f(x, p) = 3 \sin \sqrt{|x|} + x^2 \left( 1 + \frac{x-p}{x} \right) \cdot \sin|x| - 1$  для  $x=-0.31$ ;  $p=-0.35$

d)  $f(x, y) = -\frac{1}{\sqrt{x^2 - y^2}} - \frac{2y^2}{3(\sqrt{x^2 - y^2})^3}$  для  $x=1.2$ ,  $y=0.37$

**9.3.2** С помощью дискретного аргумента и определения функции получить таблицу значений функции в заданных точках. Результат представить с 4 - я знаками после запятой

$$a) f(x) = \frac{x^2 \cdot \cos \frac{1}{x}}{e^{-x} + 1}, \quad x=1, 1.2, 1.4, 1.6$$

[Ответ: 0.3950, 0.7441, 1.1880, 1.7273]

$$b) f(x) = 1 + x + \frac{x^2}{2!} + \frac{x^3}{3!} + \frac{x^4}{4!}, \quad x=0.8, 0.9, 1, 1.1, 1.2$$

$$c) f(x) = \frac{x}{a} + \frac{1}{a+1}(x + e^{-\pi x}), \quad x=3.1, 4.1, 5.1, 6.1;$$

$$a=0.875$$

$$d) f(x) = \frac{bx^2}{\sqrt{a-3x^2}} - \frac{\frac{x}{(x-1)^2} + b}{b \cdot x^{a+3}} + \sqrt{\pi}, \quad x=3.5, 4, 4.5, 5$$

$$a=0.875, b=1.011$$

## 9.4 Вектора

**9.4.1** Вычислить скалярное произведение векторов  $x, y$ :

$$a) x = \begin{pmatrix} 1 \\ -4 \\ 2 \\ 7 \end{pmatrix}, \quad y = \begin{pmatrix} 0,5 \\ 1 \\ 2 \\ 1 \end{pmatrix}$$

[ Ответ: 7.5 ]

$$b) x = \begin{pmatrix} 1+i \\ 2 \\ i \\ -1+3i \end{pmatrix}, \quad y = \begin{pmatrix} 3-i \\ 1-i \\ 2 \\ 4+i \end{pmatrix}$$

[ Ответ: -1+13 i ]

$$c) x = \begin{pmatrix} i-1 \\ i+2 \\ i \\ 2 \end{pmatrix}, \quad y = \begin{pmatrix} 2i+1 \\ 8-i \\ 4 \\ i+1 \end{pmatrix}$$

$$d) x = \begin{pmatrix} i \\ 2i \\ -3-i \\ 3+2i \end{pmatrix}, \quad y = \begin{pmatrix} -i+1 \\ 1+i \\ 4i \\ 6+i \end{pmatrix}$$

**9.4.2** Даны два вектора:  $A = \begin{pmatrix} 3 \\ -1 \\ 4 \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} 0 \\ 2 \\ -4 \end{pmatrix}$ . Вычислить:

a) Линейную комбинацию  $\left(A \cdot 2 + \frac{B}{2}\right) + 1$

b) Векторное произведение  $[A, B]$

c) Векторное произведение  $[A, B]$

d) Векторное произведение  $[2A, B]$

**9.4.3** С помощью дискретного аргумента создать вектор  $x$ , вычислить его длину и сумму элементов. Результат получить с 6-ю десятичными знаками после запятой.

$$a) x_i = \frac{1}{(2i-1)^2} \quad i = 1, 2, \dots, 10 \quad [\text{Ответ: } 1.007302, 1.208721]$$

$$b) y_i = (-1)^{i+1} \cdot \frac{1}{(2i-1)^3} \quad i = 1, 2, \dots, 5$$

$$c) x_i = \frac{1}{i(4 \cdot i^2 - 1)} \quad i = 1, 2, 3, 4$$

$$d) y_i = \frac{1}{(2i)!} \quad i = 0, 1, \dots, 5$$

**9.4.4** Считать вектор  $x$  из файла D:\WORK\944.dat в MathCad и вывести его на экран:

a) Получить строку  $y$ , представляющую из себя транспонированный вектор  $x$  и показать её на экране;

b) Получить вектор  $v$ , представляющий из себя отсортированный по возрастанию вектор  $x$ ;

c) Получить строку  $z$ , представляющую собой отсортированную по возрастанию строку  $y$ ;

d) Получить строку  $w$ , представляющую из себя отсортированную по убыванию строку  $y$ .

**9.4.5** В файле D:\WORK\VECTOR.DAT содержатся компоненты вектора. Считать этот вектор в MathCad, а затем:

a) определить число элементов вектора;

b) найти минимальный и максимальный элементы вектора;

c) вычислить длину и сумму элементов вектора;

d) найти минимальный и максимальный элементы среди компонент со 2-ой по 15-ю.

**9.4.6** Заданы арифметические векторы:  $u = (4, 1, 3, -2)$

$$v = (1, 2, -3, 2)$$

$$x = (0, 1, 2, 3)$$

Найти следующие линейные комбинации:

$$a) 3u + 5v - x$$

$$b) u + 2v - 3x$$

**9.4.7** Даны те же вектора, что и в задаче 9.4.6. Найти вектор  $z$  из следующих уравнений:

$$a) 2z + u - 2v - x = 0$$

$$b) 2(u - z) + 5(x + z) = 0$$

## 9.5 Матрицы

9.5.1 Вычислить определители:

$$\text{a) } \begin{vmatrix} 3 & 4 & -5 \\ 8 & 7 & -2 \\ 2 & -1 & 8 \end{vmatrix}$$

[Ответ: 0]

$$\text{b) } \begin{vmatrix} 1 & 1 & \varepsilon \\ 1 & 1 & \varepsilon^2 \\ \varepsilon^2 & \varepsilon & 1 \end{vmatrix}, \text{ где } \varepsilon = \cos \frac{2\pi}{3} + i \cdot \sin \frac{2\pi}{3}$$

[ Ответ: -3]

9.5.2 Вычислить определитель, затем транспонировать матрицу и вычислить определитель транспонированной матрицы.

$$\begin{vmatrix} 2 & -1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 2 & -1 \\ 3 & -1 & 2 & 3 \\ 3 & 1 & 6 & 1 \end{vmatrix}$$

9.5.3 Вычислить определитель  $\mathbf{A}$ , затем получить новую матрицу  $\mathbf{B}$  умножением всех его элементов на 5 и вычислить определитель  $\mathbf{B}$ .

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} 2 & 3 & -3 & 4 \\ 2 & 1 & -1 & 2 \\ 6 & 2 & 1 & 0 \\ 2 & 3 & 0 & -5 \end{pmatrix}$$

9.5.4 Вычислить линейную комбинацию матриц  $\mathbf{A}$  и  $\mathbf{B}$ :

$$3\mathbf{A} + 2\mathbf{B}, \quad \mathbf{A} = \begin{pmatrix} 2 & 1 & -1 \\ 0 & 1 & -4 \end{pmatrix}, \quad \mathbf{B} = \begin{pmatrix} -2 & 1 & 0 \\ -3 & 2 & 2 \end{pmatrix} \quad \text{Ответ: } \begin{vmatrix} 2 & 5 & -3 \\ -6 & 7 & -8 \end{vmatrix}$$

9.5.5 Вычислить произведение матриц и найти определитель результата:

$$\begin{pmatrix} 5 & 8 & -4 \\ 6 & 9 & -5 \\ 4 & 7 & -3 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 3 & 2 & 5 \\ 4 & -1 & 3 \\ 9 & 6 & 5 \end{pmatrix}$$

9.5.6 Вычислить произведение:  $(4 \ 0 \ -2 \ 3 \ 1) \cdot \begin{pmatrix} 3 \\ 1 \\ -1 \\ 5 \\ 2 \end{pmatrix}$

9.5.7 Вычислить  $\begin{pmatrix} 1 & -2 \\ 3 & -4 \end{pmatrix}^3$  и найти определитель результата.

9.5.8 Найти значение многочлена  $f(\mathbf{A})$  от матрицы  $\mathbf{A}$  и вычислить определитель результата:

$$f(x) = 3x^2 - 4, \quad \mathbf{A} = \begin{pmatrix} 2 & 1 \\ 0 & 3 \end{pmatrix}$$

**9.5.9** Даны две матрицы **A**, **B**. Вычислить  $(\mathbf{A} + \mathbf{B})^T$ ,  $\mathbf{A}^T + \mathbf{B}^T$

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} 1 & -3 & 2 \\ 3 & -4 & 1 \\ 2 & -5 & 3 \end{pmatrix}, \quad \mathbf{B} = \begin{pmatrix} 2 & 5 & 6 \\ 1 & 2 & 5 \\ 1 & 3 & 2 \end{pmatrix}$$

**9.5.10** Найти  $\mathbf{A}^{-1}$  и  $|\mathbf{A}^{-1}|$ , где **A** – матрица из задания 9.5.9

**9.5.11** Решить матричное уравнение

$$\mathbf{x} \cdot \begin{pmatrix} 3 & -2 \\ 5 & -4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 & 2 \\ -5 & 6 \end{pmatrix} \quad \text{Ответ: } \begin{pmatrix} 3 & -2 \\ 5 & -4 \end{pmatrix}$$

**9.5.12** Найти ранг матрицы  $\begin{pmatrix} 1 & 3 & 5 & -1 \\ 2 & -1 & -3 & 4 \\ 5 & 1 & -1 & 7 \\ 7 & 7 & 9 & 1 \end{pmatrix}$

**9.5.13** Решить системы линейных уравнений способами:

- с помощью вычисления обратной матрицы;
- с помощью функции `lsolve`.

a)  $7x + 2y + 3z = 15$   
 $5x - 3y + 2z = 15$   
 $10x - 11y + 5z = 36$

b)  $4x_1 + 4x_2 + 5x_3 + 5x_4 = 0$   
 $2x_1 + 3x_3 - x_4 = 10$   
 $x_1 + x_2 - 5x_3 = -10$   
 $3x_2 + 2x_3 = 1$

**9.5.14** В файле `D:\WORK\MATRICE.DAT` содержатся компоненты матрицы. Считать эту матрицу в MathCad, после чего:

- a) определить число строк и столбцов в матрице;
- b) найти минимальный и максимальный элементы матрицы;
- c) вычислить след и ранг матрицы;
- d) с помощью верхних индексов из матрицы выделить вектор, содержащий элементы 4-го столбца матрицы;
- e) с помощью дискретных переменных и переменных с индексами выделить из нее матрицу размером 3 x 3 элементов, содержащихся в правом нижнем углу исходной матрицы;
- f) отсортировать столбцы исходной матрицы так, чтобы элементы первой строки были записаны в порядке возрастания.

## 9.6 Построение графиков

9.6.1 Построить графики функций в декартовых координатах:

$$a) y = x/2 + 9 \cdot \sin^2(2 \cdot x) \quad -20 \leq x \leq 20$$

На график нанести заголовок “ГРАФИК N°1”;

$$b) y = -2 \cdot x + 3 + \sin^2(x) \quad -5 \leq x \leq 5$$

На график нанести название осей: ось  $x$  - “мощность”, ось  $y$  - “проникновение”;

$$c) y = \frac{1}{x} \cdot (\sin(x) \cdot \cos(x))^3 \quad -5 \leq x \leq 5$$

На графике показать линии сетки.

9.6.2 Построить на одном графике три кривые для  $0.2 \leq x \leq 2$ :

$$y1(x) = \ln(10 \cdot x)$$

$$y2(x) = 4 - x^2$$

$$y3(x) = e^{-x}$$

Присвоить каждой кривой имя - “Кривая 1”, “Кривая 2”, “Кривая 3”, отображенное под графиком.

9.6.3 Построить на одном графике семейство кривых для трех различных значений параметра  $\lambda = 0.5, 1, 1.5$ ;  $0 \leq t \leq 2\pi$ .

$$x = \lambda / \sqrt{1+t^2}$$

$$y = \lambda \cdot t / \sqrt{1+t^2}$$

Отобразить на графике имена кривых.

9.6.4 Построить на одном графике семейство кривых для трех различных значений параметра  $\lambda = 0.5, 1, 2$ ;  $0.1 \leq x \leq 1.5$ :

$$y = \lambda \cdot \ln\left(\frac{e^x + 1}{e^x - 1}\right)$$

Представить оси в виде линий, пересекающихся в центре графика. Нанести на график заголовок.

9.6.5 Графически представить на одном графике в виде точек данные, содержащиеся в файлах D:\WORK\X.DAT, D:\WORK\Y.DAT. Точки из первого файла должны быть отображены в виде синих кружков, из второго - в виде зеленых квадратиков.

**9.6.6** Отобразить на графике зависимость данных, содержащихся в файле D:\WORK\Y.DAT от данных из файла D:\WORK\X.DAT. Данные должны быть представлены на рисунке в виде ромбиков.

**9.6.7** Построить график в полярных координатах, нанести линии сетки

$$R = 5(1 + \cos \varphi), \quad 0 \leq \varphi \leq 2\pi$$

**9.6.8** Построить на одном графике семейство кривых для двух различных значений параметра  $\lambda = 50, 250$ ;  $0 \leq \varphi \leq 360^\circ$ :

$$R = 100 \cdot \cos \varphi + \lambda.$$

На график нанести название осей и название графика.

**9.6.9** Построить график поверхности

$$f(x, y) = \sqrt{1 + (0.2 - x)^2 + (0.2 - y)^2} \quad 0 \leq x \leq 0.4, \quad 0 \leq y \leq 0.4$$

**9.6.10** Построить график поверхности

$$f(x, y) = 3 \cdot x \cdot y - x^3 - y^3 \quad -1 \leq x \leq 5; \quad -1 \leq y \leq 5$$

Представить этот график как карту линий уровня. Найти на полученном графике точку экстремума и приблизительно определить ее координаты.

**9.6.11** Построить график поверхности

$$f(x, y) = x^2 \cdot \exp[1 - x^2 - 20.25(x - y)^2]$$

$$0 \leq x \leq 1.5; \quad 0.5 \leq y \leq 2$$

Представить этот график в виде карты линий уровня и оценить координаты точки экстремума.

## 9.7 Встроенные операторы и функции

**9.7.1** Дано:  $z_1 = 3 + i$ ;  $z_2 = 2 - 4i$ . Вычислить:

$$\text{a) } \overline{z_1 \cdot z_2} \quad \text{b) } \frac{\overline{z_1 \cdot z_2}}{z_2} \quad \text{c) } \frac{\overline{z_1^2}}{z_1 + z_2} \quad \text{d) } \frac{z_2 - z_1}{(\overline{z_1})^2}$$

**9.7.2** Дана функция  $f(x) = 2 \cdot x + 3 + \cos^2(x)$ . Вычислить:

- a)  $f'(x)$  в точке  $x = 6$ ;
- b)  $f'''(x)$  в точке  $x = 0.2$ .

**9.7.3** Построить на одном поле графики  $f(x)$  и  $f'(x)$  для  $-0.5 \leq x \leq 0.5$ ;

где

$$f(x) = \frac{[\sin(x) \cdot \cos(x)]^3}{x}$$

**9.7.4** Вычислить определенный интеграл

$$\int_{-2}^{1.2} [2 \cdot x + 3 + \cos^2(x)] dx$$

**9.7.5** Построить график функции  $f(x)$  для  $0 \leq x \leq 2$ , где

$$f(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-t^2} dt$$

**9.7.6** Вычислить площадь фигуры, ограниченной кривыми:

$$y_1(x) = \frac{27}{x^2 + 9}; \quad y_2(x) = \frac{x^2}{6}.$$

**9.7.7** Известно, что длина кривой, задаваемой на отрезке  $[a, b]$  непрерывно дифференцируемой функцией  $f(x)$ , вычисляется по формуле:

$$l = \int_a^b \sqrt{1 + [f'(x)]^2} dx$$

Вычислить длину кривой, если  $f(x) = \sin(x + x \cdot \sin(x))$ ;

$$a = 0; \quad b = 2\pi.$$

**9.7.8** С помощью функции if построить график  $f(x)$  для  $-2 \leq x \leq 2$

$$f(x) = \begin{cases} 1/x^2 & \text{если } x \leq -1 \\ x^2 & \text{если } -1 < x \leq 1 \\ 1 & \text{если } 1 < x \end{cases}$$

## ЛИТЕРАТУРА

1. Очков В. Сказ про то, как MathCad задачу решал // Компьютер Пресс. 1995. № 1. С. 22 - 27.
2. Очков В. Сказ про то, как MathCad задачу решал // Компьютер Пресс. 1995. № 2. С. 26 - 31.
3. Очков В. Язык программирования MathCad. Взгляд со стороны // Компьютер Пресс. 1996. № 6. С. 48 - 54.
4. Дьяконов В. MathCad прорывается в Windows. // Монитор - Аспект. 1993. № 2. С. 132 - 136.
5. Дьяконов В. MathCad - пять с плюсом ! // Монитор - Аспект. 1995. № 2. С. 109 - 115.
6. Дьяконов В. Система MathCad: справочник.- М.: Радио и связь. 1993.- 128 с.: ил.
7. MATHCAD 6.0 PLUS. Финансовые, инженерные и научные расчеты в среде Windows 95. / Пер. с англ. - М.: Информационно-издательский дом "Филинь", 1996. - 712 с.: ил.
8. Дьяконов В.П. Справочник по MathCad 6.0 Pro.-М.: СК-ПРЕСС.-1977.-336 с.: ил.
9. Дьяконов В.П. Справочник по MathCad 7.0 Pro.-М.: СК-ПРЕСС.-1998.-352 с.; ил.
10. Дьяконов В.П., Абраменкова И.В. MathCad Pro в математике, физике и Internet, М.: Нолидж: 2000, 512 с.: ил.
11. Очков В.Ф. MathCad 7 Pro для студентов и инженеров.-М.: Компьютер ПРЕСС.- 1998.- 384 с.: ил.
12. Очков В.Ф. MathCad 8 Pro для студентов и инженеров.-М.:Компьютер ПРЕСС.-1999.- 523 с.:ил.
13. Плис А.И., Сливина Н.А. Математический практикум для экономистов и инженеров.- М.: Финансы и экономика.- 1999.-655 с.: ил.
14. Николаев Н.А. Введение в MathCad. Векторы, матрицы. Методическое пособие. Новоуральск, НПИ, 1997, -64 с.
15. Николаев Н.А. Решение задач в системе MathCad. Методическое пособие. Новоуральск, НПИ, 1998, -100 с.

УДК 681.3.06

Автор: Николаев Николай Александрович.

## ВВЕДЕНИЕ В МАТНСАД 2000

Методическое пособие по курсам «Информатика», «Вычислительные методы в инженерных расчетах», «Компьютерные технологии в экономике».

Сдано в печать 07.02.2001

Печать плоская

Заказ Издательство НПИ

Формат А5

Уч.-изд.л. 2.3

Лицензия ИД №00751

Бумага писчая

Тираж 50 экз.

г. Новоуральск, Ленина, 85

