

Федеральное агентство по образованию Российской Федерации

Пензенский государственный университет

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПАКЕТА MATHCAD В ИНЖЕНЕРНЫХ РАСЧЕТАХ

Методические указания к выполнению лабораторных работ

ПЕНЗА 2007

Рассматриваются основные приемы решения возникающих в инженерной практике математических задач средствами пакета MathCAD. Содержатся описания лабораторных работ, приводятся варианты заданий.

Методические указания составлены на кафедре «Информационно-измерительная техника» и предназначены для студентов, специальностей 200102, 200106, 140607 и изучающих дисциплины «Компьютерные технологии в приборостроении», «Метрология, стандартизация и сертификация» и «Автоматизация инженерных расчетов».

Ил. 32, табл. 5, библиогр. 3 назв.

С о с т а в и т е л и:

В.В. Регеда, О.Н. Регеда

Р е ц е н з е н т

заместитель директора

А.А. Данилов, доктор технических наук,

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

« РЕШЕНИЯ ПРОСТЕЙШИХ ЗАДАЧ СРЕДСТВАМИ MATHCAD »

Цель лабораторной работы - ознакомиться с основными правилами задания математических задач и их решения в среде пакета MathCAD.

Назначение пакета и основные его возможности

Математическая система MathCAD во всем мире признана одной из наиболее совершенных программных систем, позволяющих решать математические задачи в объеме программы технического вуза. Начиная с версии MathCAD 2002, затем MathCAD 11 и последней доступной версии MathCAD 12, система обеспечивает удобный интерфейс и широкий набор решаемых задач. Достоинством системы является возможность использования так называемой символьной математики — методов решения задач аналитическими методами.

Главное меню системы содержит следующие позиции:

File (Файл) — работа с файлами, сетью Internet и электронной почтой;

Edit (Правка) — редактирование документов;

View (Вид) — изменение средств обзора и включения элементов интерфейса;

Insert (Вставить) — установка вставок объектов и их шаблонов;

Format (Формат) — изменение формата (параметров) объектов;

Tools (Сервис) — управление параметрами и процессом вычисления;

Symbolics (Символика) — выбор операций символьного процессора

Window (Окно) — управление окнами системы;

Help (Помощь) — работа со справочной базой данных о системе.

Панели инструментов служат для быстрого выполнения наиболее часто применяемых команд. На рис. 1 изображено окно MathCAD с пятью основными панелями инструментов, расположенными непосредственно под строкой меню.

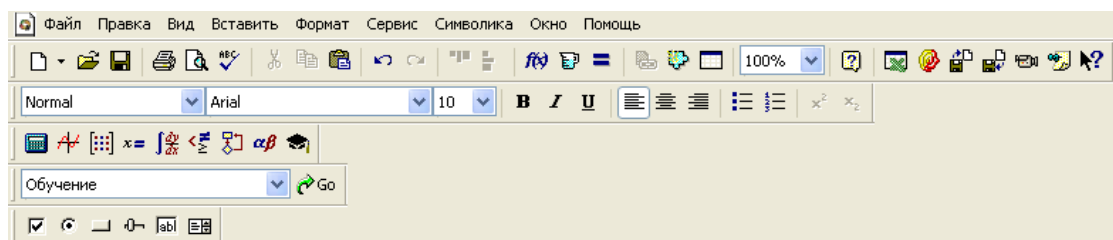


Рис. 1

Кнопки в панелях сгруппированы по сходному действию команд:

- **Standard** (Стандартная) – служит для выполнения большинства операций, таких как действия с файлами, редакторская правка, вставка объектов и доступ к справочным системам;
- **Formatting** (Форматирование) – для форматирования (изменения типа и размера шрифта, выравнивания и т.п.) текста и формул;
- **Math** (Математика) – для вставки математических символов и операторов в документы;
- **Resources** (Ресурсы) – для вызова Ресурсов MathCAD (примеров, учебников и т.п.);
- **Controls** (Элементы управления) – для вставки в документы стандартных элементов управления интерфейса пользователя (флажков проверки, полей ввода и т.п.).

Панель **Math** (Математика) предназначена для вызова на экран еще девяти панелей (рис.2), с помощью которых, собственно, и происходит вставка математической операции в документы.

Перечислим назначение математических панелей:

- **Calculator** (Калькулятор) – служит для вставки основных математических операций, получила свое название из-за схожести набора кнопок с кнопками типичного калькулятора;
- **Graph** (Графики) – для вставки графиков;
- **Matrix** (Матрица) – для вставки матриц и матричных операторов;
- **Evaluation** (Определение) – для вставки операторов управления вычислениями;
- **Calculus** (Вычисления) – для вставки операторов интегрирования, дифференцирования, суммирования;
- **Boolean** (Логика) – для вставки логических (булевых) операторов;
- **Programming** (Программирование) – для программирования средствами MathCAD;
- **Greek** (Греческий Алфавит) – для вставки греческих символов;
- **Symbolic** (Символы) – для вставки символьных операторов.

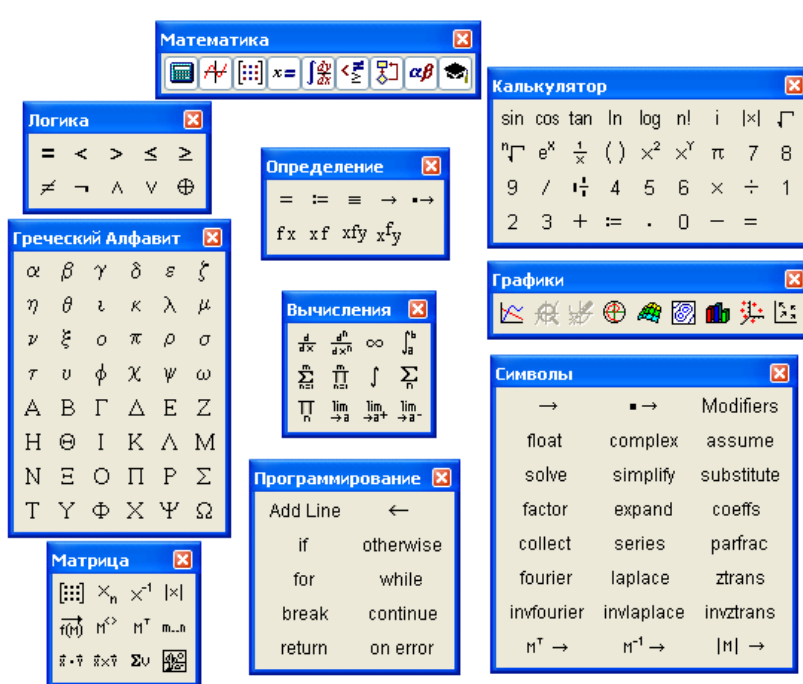


Рис 2

Работа с системой MathCAD сводится к подготовке в окне редактирования задания на вычисления и к установке форматов для их *результатов*. *Входным языком системы* является язык визуального программирования, многие записи вводятся просто выводом шаблонов соответствующих операторов. Используемые при описании задачи переменные должны быть определены с использованием знака присваивания :=, назначение которого отлично от используемого в математике знака равенства.

MathCAD интегрирует в себе три редактора: формульный, текстовый и графический. Для запуска первого достаточно установить курсор мыши в любом свободном месте окна редактирования и щелкнуть левой клавишей мыши.

Например, если хотите найти произведение членов некоторого ряда чисел, то следует в панели найти соответствующую пиктограмму и вывести шаблон данной операции на поле документа

$$\prod_{i=1}^n$$

После заполнения соответствующих позиций шаблона и ввода знака равенства =, получим результат

$$\prod_{x=1}^{20} \sin(x) \cdot \frac{e}{x} = -2.628 \times 10^{-15}$$

Текстовые блоки позволяют создавать в документе пояснения, то есть делать документ MathCAD более понятным. Для задания текстового блока достаточно ввести символ " (двойная кавычка). В появившемся прямоугольнике можно вводить текст и осуществлять его редактирование.

В общем случае решаемая задача состоит из отдельных решающих блоков.

Решающие блоки могут иметь следующий вид:

— вычисляемое числовое значение = результат вычисления

$$12 + 3.2 \cdot \frac{3.8}{2.6} = 16.677 \quad \text{Вычисление значения числового выражения}$$

— переменная := числовое значение

$$a := 12.40 \quad g := -3.56 \quad s := 11.22 \quad \text{Определение переменных}$$

— переменная := вычисляемое выражение

$$f := a + 2 \cdot g \cdot \sqrt{\frac{s}{3}} \quad \text{Задание выражения}$$

Следует обратить внимание на то, что используя опцию Number из меню Format можно управлять разрядностью выводимых результатов вычислений. MatCAD различает строчные и прописные буквы в именах переменных.

Для задания циклических вычислений с целочисленной управляющей переменной цикла используется следующая конструкция:

$$\text{Имя переменной} := \text{Nнач}.. \text{Nкон}$$

Здесь знак .. вводится набором знака ; , Nнач - начальное значение переменной и Nкон - конечное значение переменной. Если Nнач < Nкон, то шаг изменения переменной равен +1, а если Nнач > Nкон - то -1.

Переменные такого типа в системе MathCAD называются переменными с заданными пределами измерения или ранжированными переменными. Шаг изменения можно задать любым, используя другую конструкцию задания таких переменных:

Имя переменной := Nнач, Nслед.. Nкон ,

где Nслед - следующее за Nнач значение переменной. Шаг в этом случае равен Nслед - Nнач.

Циклы, реализованные с помощью переменных с заданными пределами изменения, показаны на рис. 3

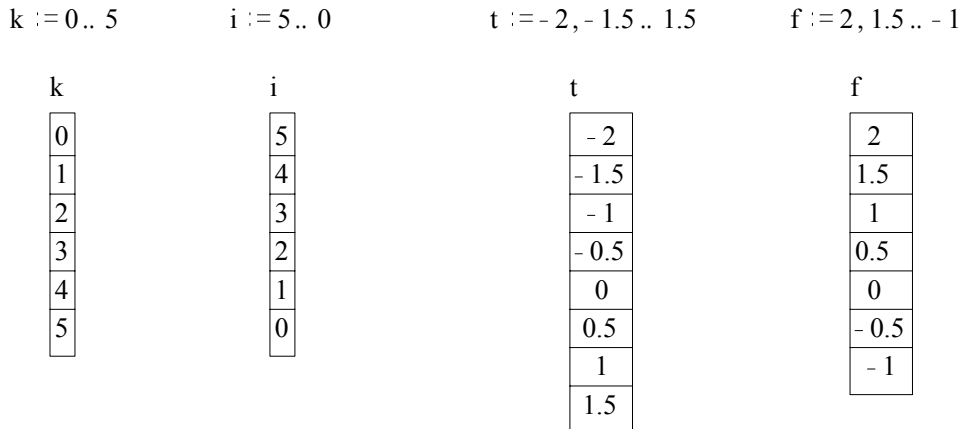


Рис. 3

В ранжированных переменных невозможно осуществить доступ к произвольному элементу представляемого ими ряда. Этой цели служат *массивы*. Наиболее распространены одномерные массивы — *векторы* и двумерные — *матрицы*.

В MathCAD массив задается именем, как и любая переменная. Вектор имеет ряд элементов с определенным порядком расположения. Порядковый номер элемента задается индексом. Нижняя граница индексации определяется значением системной переменной **ORIGIN**, которая может иметь значение 0 или 1. Влияние значения этой системной переменной показано на примере рис.4.

ORIGIN := 0

$$M := \begin{bmatrix} 3 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$M_2 = 1$$

При данном значении переменной
ORIGIN $M[0]=3$, $M[1]=2$, $M[2]=1$

ORIGIN := 1

$$M := \begin{bmatrix} 3 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$M_2 = 2$$

При данном значении переменной
ORIGIN $M[1]=3$, $M[2]=2$, $M[3]=1$

Рис. 4

Элементы матриц также являются индексированными переменными, имена которых совпадают с именами матриц. В этом случае для каждой индексированной переменной указываются два индекса, первый — для номера строки, второй — для номера столбца.

Для указания подстрочных индексов после имени переменной вводится знак открывающей квадратной скобки.

Вектор или матрица могут быть созданы присваиванием их элементам (индексированным переменным) тех или иных значений. Это возможно при использовании шаблона извлекаемого из меню матричных операторов (последний пример) или при помощи оператора присваивания без использования шаблона. Примеры заданий различных матриц показаны на рис. 5. Используемый в примере оператор отношения имеет более жирное начертание $\boldsymbol{=}$, чем оператор равенства $=$.

Последовательность расположения отдельных решающих блоков в задаче должна быть как для операторов в языковой конструкции слева - направо, сверху - вниз.

Создание векторов и матриц

$X_0 := 2$	$X_1 := 4$	$X_3 := 5$	$X = \begin{pmatrix} 2 \\ 4 \\ 0 \\ 5 \end{pmatrix}$	Создание вектора. Обратите внимание на значение X(2)
$j := 0..2$	$i := 0..2$	$M0_{j,i} := 0$	$M0 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$	Нулевая матрица
$M1_{j,i} := \text{if}(i = j, 1, 0)$			$M1 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$	Единичная матрица
$f(j, i) := j + 0.5 \cdot i$			$MC = \begin{pmatrix} 0 & 0.5 & 1 \\ 1 & 1.5 & 2 \\ 2 & 2.5 & 3 \\ 3 & 3.5 & 4 \\ 4 & 4.5 & 5 \end{pmatrix}$	Создание матрицы на основе функции
$MC := \text{matrix}(5, 3, f)$				

Рис. 5

При составлении любой задачи нужно максимально использовать площадь листа, оставляя на нем как можно меньше пустых мест.

Следует знать, что не все доступные функции MatCAD имеют соответствующие кнопки, для их вызова или ознакомления со всем перечнем функций следует воспользоваться соответствующей кнопкой из системы.

При решении любой задачи возможны формальные ошибки. В этом случае ошибочный элемент задачи выделяется красным цветом и появляется сообщение об ошибке. В Приложении А дан список этих сообщений.

В Приложении Б приведены некоторые встроенные функции MatCAD.

Векторизацией вектора или матрицы называется выполнение каких - либо операций (например, возведение в степень) одновременно над всеми элементами их массива.

Порядок выполнения работы

1. Войти в систему MathCAD. Внимательно ознакомиться с описанием лабораторной работы. Выполнить некоторые рассмотренные примеры. После завершения изучения описания удалить с листа рассмотренные примеры.

2. Средствами пакета MathCAD выполнить последовательность заданий из варианта, указанного преподавателем. Решения для всех примеров оформить в виде единого документа. Каждую задачу обязательно сопровождать комментариями.

2.1 Вычислить значение числового выражения

$$\left\{ \frac{8,8077}{20 - [28,2 : (13,333 \cdot 0,3 + 0,0001)] \cdot 2,004} + 4,9 \right\} \cdot \frac{5}{32}$$

2.2 Решить квадратное уравнение $ax^2 + bx + c = 0$ для значений a , b и c , указанных в Табл.1, используя выражение для дискриминанта $\Delta = b^2 - 4ac$.

Табл.1

Номер варианта	a	b	c
1	2	-8	-3
2	-1,1	-7	1
3	1	5	-1,18
4	-1,3	-6	1,2
5	-7	15	2
6	-5	-10	3,3
7	3	11	-3,1
8	-2,3	-9	2,5
9	2,5	8	-1,9
10	3,8	-12	-4,5

2.3 Найти значение электрического сопротивления, состоящего из шести параллельно соединенных сопротивлений, значения которых указаны в Табл. 2.

Табл.2

Номер варианта	R1	R2	R3	R4	R5	R6
1	150	120	250	380	320	640
2	550	450	890	430	640	550
3	670	770	370	620	350	670
4	210	450	450	690	830	990
5	900	850	890	780	810	780
6	840	930	585	775	448	888
7	760	420	754	886	594	897
8	884	669	553	689	690	890
9	890	870	869	680	668	597
10	888	776	594	970	980	860

2.4 Выполнить следующее задание :

Даны $x=1,5$; $y=2$; $z=3$. Вычислить a, b, c для

$$1. \quad a = \frac{\sqrt{|x-1|} - \sqrt[3]{|y|}}{1 + \frac{x^2}{2} + \frac{y^2}{4}}, \quad b = x(\operatorname{arctg} z + e^{-(x+3)}), \quad c = a^2 + b$$

$$2. \quad a = \frac{3 + e^{y-1}}{1 + x^2|y - \operatorname{tg} z|}, \quad b = 1 + |y - x| + \frac{(y-x)^2}{2} + \frac{|y-x|^3}{3}, \quad c = a^2 + b^2$$

$$3. \quad a = (1+y) \frac{x+y/(x^2+4)}{e^{-x-2} + 1/(x^2+4)}, \quad b = \frac{1 + \cos(y-2)}{x^2/2 + \sin^2 z}, \quad c = a - b$$

$$4. \quad a = y + \frac{x}{y^2 + \left| \frac{x^2}{y + x^3/3} \right|}, \quad b = (1 + \operatorname{tg}^2 \frac{z}{2}), \quad c = a - b^2$$

$$5. \quad a = \frac{2 \cos(x - \pi/6)}{1/2 + \sin^2 y}, \quad b = 1 + \frac{z^2}{3 + z^2/5}, \quad c = \frac{a}{b}$$

$$6. \quad a = \frac{1 + \sin^2(x + y)}{2 + \left| x - 2x / (1 + x^2 y^2) \right|} + x, b = \cos^2\left(\operatorname{arctg} \frac{1}{z}\right), c = \frac{b}{c}$$

$$7. \quad a = \ln \left| (y - \sqrt{|x|}) \left(x - \frac{y}{z + x^2 / 4} \right) \right|, b = x - \frac{x^2}{3!} + \frac{x^5}{5!}, c = a^3 + b^2$$

$$8. \quad a = \frac{\sin(x^2 - 2y + z)}{x^y}, b = \cos^2\left(x^2 + \frac{y}{z}\right), c = 2a + 4b^2$$

$$9. \quad a = \frac{5 \cos(x - \pi/6)}{1/2 + \sin^2 x}, b = 2 + \frac{y^2}{3 + z^2 / 7} - 3x, c = \frac{a}{b} - b^2$$

$$10. \quad a = \frac{3 + \sin^3(x^2 + y)}{2 + \left| x - 4x / (1 + x^2 y^2) \right|} + \pi, b = \sin^2\left(\operatorname{arctg} \frac{1}{z}\right), c = \frac{b^2 + 2}{c}$$

2.5 Сформировать матрицу A размера 7×7 по заданному алгоритму (i - номер строки, j - номер столбца):

$$1. \quad b_{ij} = \frac{1}{i + j - 1} \quad 2. \quad b_{ij} = \frac{1}{i + j} \quad 3. \quad b_{ij} = \frac{i - 1}{i + j} \quad 4. \quad b_{ij} = \frac{10i}{i + j}$$

$$5. \quad b_{ij} = \frac{(i - j)^2}{(i + j)^2} \quad 6. \quad b_{ij} = \frac{i^2}{2^{i+j}} \quad 7. \quad b_{ij} = \frac{2^i}{j} \quad 8. \quad b_{ij} = \frac{5i}{i + j}$$

$$9. \quad b_{ij} = \frac{i^{-2}}{3^{i+j}} \quad 10. \quad b_{ij} = \frac{2^{i+1}}{j + 2}$$

2.6 Умножить матрицу A на произвольный скаляр, сложить полученную матрицу с единичной, сменить знак у всех элементов матрицы, транспонировать матрицу A , найти ее след.

2.7 Найти произведение четырех элементов матрицы, полученной при выполнении задания 2.5:

Номер варианта	Элемент 1		Элемент 2		Элемент 3		Элемент 4	
	столбец	строка	столбец	строка	столбец	строка	столбец	строка

1	3	5	1	6	4	2	6	6
2	7	2	2	4	5	7	3	2
3	2	6	4	6	3	3	5	3
4	5	1	2	7	6	3	1	6
5	4	7	2	5	3	2	7	1
6	3	4	7	5	2	6	4	6
7	2	5	5	3	6	1	3	3
8	5	1	6	4	3	6	2	1
9	1	6	3	4	6	2	5	7
10	6	2	2	7	4	5	3	4

2.8 Используя опции команды Format, представьте число 273, 865 в виде двоичного числа, восьмиричного и шестнадцатиричного.

2.9 Определить значения определенного интеграла из вариантов:

$$1. \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \frac{dx}{1 + \cos x} \quad 2. \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos^5 x \sin 2x dx \quad 3. \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \sqrt{\cos x - \cos^2 x} dx$$

$$4. \int_1^e \ln^2 x dx \quad 5. \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{4}} \frac{\cos^2 x dx}{\sqrt[3]{\sin x}} \quad 6. \int_{\frac{1}{\pi}}^{\frac{2}{\pi}} \frac{\sin \frac{1}{x} dx}{x^2} \quad 7. \int_0^1 x e^{-x} dx$$

$$8. \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \cos t \sin \left(2t - \frac{\pi}{4} \right) dt \quad 9. \int_0^{\pi} x^3 \sin x dx \quad 10. \int_0^{e-1} \ln(x+1) dx$$

2.10 Вычислить значения определенного интеграла для десяти значений верхнего предела интеграла, равномерно распределенных в указанном диапазоне:

1. Для $H = 0 \dots 2\pi$, при $a=3$.

2. Для $H = 0 \dots 2\pi$, $a=3$, $b=4$.

$$\int_0^H \frac{x \sin x dx}{1 - 2a \cos x + a^2}$$

$$\int_0^H \frac{\sin^2 x dx}{a^2 - 2ab \cos x + b^2}$$

3. Для $H = 0 \dots 0,9 \cdot \pi$.

$$\int_0^H \frac{x^2 dx}{\sin^2 x}$$

4. Для $H = 0 \dots 2 \cdot \pi$, при $a=3, b=4$.

$$\int_0^H \frac{dx}{ax^4 + 2bx^2 + a}$$

5. Для $H = 0 \dots 0,9$

$$\int_0^H \frac{x^2 dx}{(1-x)^3}$$

6. Для $H = 0 \dots 1$.

$$\int_0^H \frac{x^5 dx}{\sqrt{1-x^4}}$$

7. Для $H = 0 \dots 6$.

$$\int_0^H \frac{x^7 dx}{1+x}$$

8. Для $H = 0 \dots 1$

$$\int_0^H \frac{x^5 dx}{\sqrt{1-x^2}}$$

9. Для $H = 0 \dots 1$

$$\int_0^H \frac{\sqrt{x} dx}{\sqrt{1-x^4}}$$

10. Для $H = 0 \dots 1$

$$\int_0^H \frac{dx}{1-x^2 + 2\sqrt{1-x^2}}$$

3. Оформите протокол лабораторной работы средствами MathCAD.

Содержание отчета

1. Титульный лист.
2. Решение всех задач с комментариями.

Контрольные вопросы

1. Что из себя представляет система MathCAD 11?
2. Каким образом осуществляется формулировка математических задач средствами MathCAD 11?
3. Как можно задать текстовый блок?
4. Что такое «ранжированная переменная» ?
5. Каким образом осуществляется управление форматом выводимых данных?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

«ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЙ И СИСТЕМ УРАВНЕНИЙ. ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКОВ В СРЕДЕ MATHCAD »

Цель лабораторной работы - ознакомиться с основными правилами решения уравнений и систем уравнений численными методами и возможностями пакета MathCAD при построении графиков.

Определение комплексных чисел

Решения некоторых уравнений содержат комплексные числа. MathCAD воспринимает комплексные числа в форме $a+bi$, где a и b — обычные числа. Комплексные числа могут также возникать в результате вычислений, даже если все исходные значения вещественны. Например, если вычислить $\sqrt{-1}$, MathCAD возвращает i . При вводе комплексных чисел нельзя использовать i саму по себе для ввода комплексной единицы. Нужно всегда печатать $1i$, в противном случае MathCAD истолкует i как переменную. Когда курсор покидает выражение, содержащее $1i$, MathCAD скрывает избыточную единицу. Некоторые операции над комплексными числами показаны на рис. 6.

$$r := 5 \qquad \Theta := \frac{3\pi}{5}$$

Определим комплексные переменные

$$i := \sqrt{-1} \qquad z1 := \sqrt{-1} \qquad z2 := r \cdot e^{(i\Theta)} \qquad z1 = i \qquad z2 = -1.545 + 4.755i$$

Выполним некоторые действия

$$\frac{z2}{z1} = 4.755 + 1.545i \qquad \operatorname{Re}(z2) = -1.545 \qquad \operatorname{Im}(z2) = 4.755$$
$$z3 := z2^3 \qquad z3 = 101.127 - 73.473i$$

Рис.6

Решение систем линейных уравнений

Для решения систем линейных уравнений в системе MathCAD введена функция $\text{lsolve}(A,B)$, которая возвращает вектор \mathbf{X} для системы линейных уравнений $\mathbf{A} \cdot \mathbf{X} = \mathbf{B}$ при заданной матрице коэффициентов \mathbf{A} и векторе свободных членов \mathbf{B} . Если уравнений n , размерность вектора \mathbf{B} должна быть n , а размерность матрицы \mathbf{A} — $n \times n$. Пример решения системы линейных уравнений

$$\begin{aligned} -2x_1 + 0,24x_2 - 0,06x_3 &= 9 \\ 0,03x_1 - 3,3x_2 - 0,12x_3 &= 5 \\ 0,77x_1 + 0,32x_2 - 0,22x_3 &= 2 \end{aligned} \quad \text{рассмотрен на рис. 7.}$$

РЕШЕНИЕ СИСТЕМЫ ЛИНЕЙНЫХ УРАВНЕНИЙ $\mathbf{A} \cdot \mathbf{X} = \mathbf{B}$

$$A := \begin{bmatrix} -2 & 0.24 & -0.06 \\ 0.03 & -3.3 & -0.12 \\ 0.77 & 0.32 & -0.22 \end{bmatrix} \quad \text{Задание коэффициентов системы}$$

$$B := \begin{bmatrix} 9 \\ 5 \\ 2 \end{bmatrix} \quad \text{Задание вектора свободных членов}$$

$$X := \text{lsolve}(A, B) \quad X = \begin{bmatrix} -3.873 \\ -0.69 \\ -23.652 \end{bmatrix} \quad \text{Решение системы}$$

Рис. 7

Решение нелинейных уравнений

Многие уравнения, например трансцендентные, и системы из них не имеют аналитических решений. Однако они могут решаться численными методами с заданной погрешностью, определяемой переменной **TOL** (в меню Сервис → Опции рабочей области → Переменные)

Для простейших уравнений вида $F(x)=0$ решение находится с помощью

функции `root(Выражение, Имя_переменной)`.

Эта функция возвращает значение переменной, при котором выражение дает 0. Функция реализует вычисления итерационным методом, причем можно задать начальное значение переменной. Это особенно полезно, если возможно несколько решений. Тогда выбор решения определяется выбором начального значения переменной. Первое применение этой функции позволяет найти первый корень X1. Для поиска второго корня X2 первый исключается делением $F(x)$ на $(x-X1)$. Соответственно для поиска третьего корня X3 $F(x)$ делится еще и на $(x-X2)$. Пример использования функции приведен на рис. 8.

НАХОЖДЕНИЕ КОРНЕЙ КУБИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ

`a3 := 2` `a2 := -5` `a1 := 43` `a0 := -92` Коэффициенты

`F(x) := a3·x3 + a2·x2 + a1 + a0` Задание полинома

Вычисление действительного корня

`x := 2` `x1 := root(F(x), x)` `x1 = 4.018`

Вычисление других корней

`i := √-1` `x := 1 + 1·i` `x2 := root((F(x) / (x - x1)), x)` `x2 = -0.759 + 2.35i`

`x3 := root([F(x) / ((x - x1)·(x - x2)), x])` `x3 = -0.759 - 2.35i`

Рис. 8

Для поиска корней обычного полинома $p(x)$ степени n можно использовать функцию

`polyroots(V)`.

Она, как показано на рис. 9, возвращает вектор корней многочлена (полинома) степени n , коэффициенты которого находятся в векторе V , имеющем длину, равную $n+1$.

НАХОЖДЕНИЕ КОРНЕЙ УРАВНЕНИЯ 4-ОЙ СТЕПЕНИ

$$V_0 := -12 \quad V_1 := 8 \quad V_2 := -33 \quad V_3 := 25 \quad V_4 := 41$$

$$\text{polyroots}(V) = \begin{bmatrix} -1.395 \\ 0.01 + 0.524i \\ 0.01 - 0.524i \\ 0.764 \end{bmatrix}$$

Рис.9

Функцию `root` можно использовать и в составе функции пользователя, создаваемой специально для решения конкретной задачи. Например, как показано на рис. 10, с ее помощью можно организовать решение уравнения при различных значениях параметра a .

$$\text{GH}(a, x) := \text{root}(e^{x-3} - a \cdot x^3, x)$$

$$a := 1..5 \quad x_0 := 0 \quad x_a := \text{GH}(a, x_{a-1})$$

a	x_a
1	0.426
2	0.326
3	0.281
4	0.252
5	0.233

Рис. 10

Решение систем нелинейных уравнений

При решении систем нелинейных уравнений используется специальный вычислительный блок, открываемый служебным словом — директивой `Given`, имеющей следующую структуру:

`Given`

Уравнения

Ограничительные условия

Выражения с функциями Find и Minerr

Рекомендуется дополнять блок проверкой решения системы.

В блоке может использоваться одна из следующих функций:

$\text{Find}(v_1, \dots, v_n)$ — возвращает значение одной или ряда переменных для точного решения;

$\text{Minerr}(v_1, \dots, v_n)$ — возвращает значение одной или ряда переменных для приближенного решения;

Между этими функциями существуют принципиальные различия. Первая функция используется тогда, когда решение реально существует (хотя и не является аналитическим). Вторая функция пытается найти максимальное приближение даже к несуществующему решению путем минимизации среднеквадратической погрешности решения.

Ограничительные условия вводятся следующими операторами:

Выражение **Назначение оператора**

$e_1 > e_2$ e_1 больше e_2

$e_1 < e_2$ e_1 меньше e_2

$e_1 \geq e_2$ e_1 больше или равно e_2

$e_1 \leq e_2$ e_1 меньше или равно e_2

$e_1 \neq e_2$ e_1 не равно e_2

$e_1 = e_2$ e_1 равно e_2

В решающих блоках для определения условия равенства используется знак логического равенства $=$, извлекаемый из меню или вводимый комбинацией клавиш **Ctrl +**

Функции Find и Minerr, как показано на рис. 11, могут использоваться для решения одного уравнения.

РЕШЕНИЕ НЕЛИНЕЙНОГО УРАВНЕНИЯ

<pre>x := 1 Given x⁵ := 3</pre>	<pre>x0 := Find(x)</pre>	<pre>x0 :=</pre>	<p>Использовать знак присваивания в блоке Given нельзя. Поэтому система отвечает на попытку решением сообщением об ошибке, выделяя задачу красным цветом</p>
<pre>x := 1 Given x⁵ = 3</pre>	<pre>x0 := Find(x)</pre>	<pre>x0 = 1.246</pre>	<p>Задание уравнения в виде логического равенства позволяет найти решение</p>
<pre>x := 1 Given x⁵ = 3</pre>	<pre>x0 := Minerr(x)</pre>	<pre>x0 = 1.246</pre>	<p>Решение с помощью функции minerr также позволяет найти решение</p>

Рис.11

Для нахождения начальных приближений поиска вещественных корней весьма полезно построить графики кривых, входящих в систему уравнений. Полученные точки пересечения можно использовать для дальнейшего поиска корней. Пример такого решения приведен на рис. 12.

При использовании функции Minerr при решении систем нелинейных уравнений нужно проявлять осторожность и обязательно предусматривать проверку решений. Полезно как можно точнее указывать начальное приближение к решению.

Построим графики

$$x := -7, -6.9.. 7$$

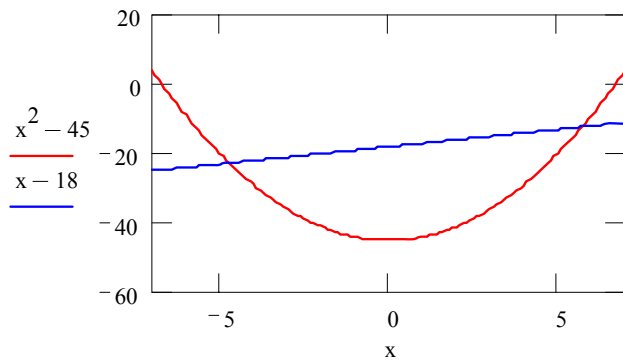


График показывает, что две кривые пересекаются в точках с приближительными координатами -5 и +5.

Ищем первое решение при

$$x := -5 \quad y := 0$$

Given

$$y = x^2 - 45$$

$$y = x - 18$$

$$\begin{bmatrix} x0 \\ y0 \end{bmatrix} := \text{Find}(x, y)$$

$$\begin{bmatrix} x0 \\ y0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -4.72 \\ -22.72 \end{bmatrix}$$

Первое решение

$$(x0)^2 - 45 = -22.72$$

$$x0 - 18 = -22.72$$

Проверка решения вычислением y

Найдем второе решение, введя ограничение $x > 0$

$$x := 5 \quad y := 0$$

Given

$$y = x^2 - 45$$

$$y = x - 18 \quad x > 0$$

$$\begin{bmatrix} x1 \\ y1 \end{bmatrix} := \text{Find}(x, y)$$

$$\begin{bmatrix} x1 \\ y1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5.72 \\ -12.28 \end{bmatrix}$$

Второе решение

$$(x1)^2 - 45 = -12.28$$

$$x1 - 18 = -12.28$$

Проверка решения вычислением y

Рис. 12

Построение графиков в системе MathCAD

Для создания графиков в системе MathCAD имеется графический процессор. Для построения графиков используются шаблоны. Их перечень содержит математическая панель Graph.

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

Polar Plot — создать шаблон графика в полярных координатах;

Surface Plot — создать шаблон для построения трехмерного графика;

Countour Plot — создать шаблон для графика в виде точек (фигур) в трехмерном пространстве;

3D Scatter Plot — создать шаблон для изображения в виде совокупности столбиков в трехмерном пространстве;

Vector Field Plot — создать шаблон для графика векторного поля на плоскости.

Построение графиков в декартовой системе координат возможно следующим способом

Вначале необходимо ранжировать аргумент, указав диапазон его изменения и шаг. Это выполняется по правилам рассмотренным для ранжирования переменных в предыдущей лабораторной работе. Затем надо задать соответствующие функции и ввести шаблон **X-Y Plot** с помощью меню. Появится шаблон графика с заданной функцией. В средние шаблоны данных нужно поместить имя переменной и имена функций. Если строятся графики нескольких функций в одном шаблоне, то для их разделения следует использовать запятые. Крайние шаблоны данных служат для указания предельных значений абсцисс и ординат, т.е. они задают масштаб графика. Если оставить эти шаблоны незаполненными, то масштабы по осям графика будет устанавливаться автоматически

Чтобы произошло построение графика в автоматическом режиме вычислений, достаточно вывести курсор за пределы графика или нажать клавишу F9. Пример построения графиков показан на рис.13.

$$x := -10, -9.99, 10 \quad f(x) := \sin(x)^3 \quad f1(x) := \frac{x^3}{1562} \quad f2(x) := e^x$$

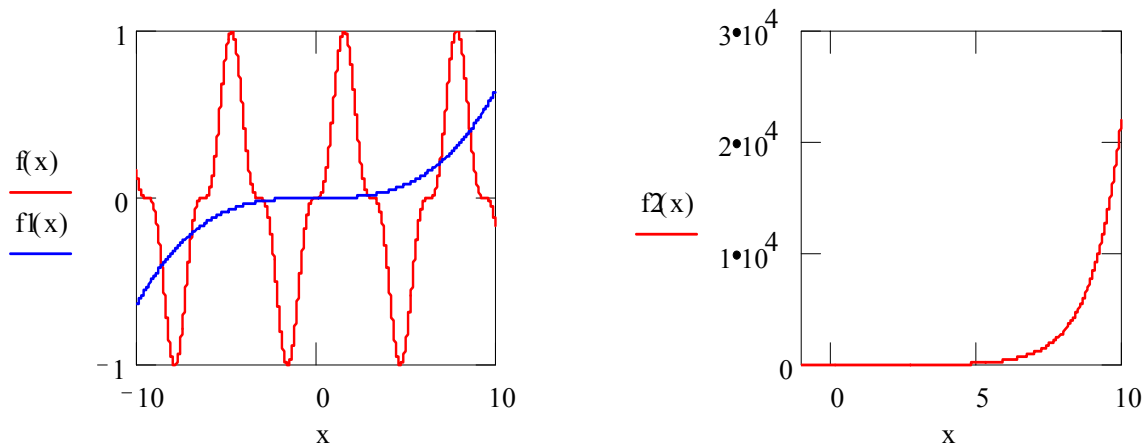


Рис. 13

Построение графиков в полярной системе координат производится углом W , и модулем радиус-вектора $R(W)$. График функции строится в виде линии, которую описывает конец радиус-вектора при изменении угла W в определенных пределах, чаще всего от 0 до 2π . Опция **Polar Plot** выводит шаблон таких графиков в форме окружности с шаблонами данных. Возможно построение в одном шаблоне двух или нескольких графиков. На рис. 14 показан пример построения графика в полярной системе координат.

Возможно построение графика в полярной системе координат с использованием шаблона обычного графика в прямоугольной системе координат. Для этого нужно по оси X установить $R(W) \cdot \cos(W)$, а по оси Y — $R(W) \cdot \sin(W)$.

$$W := 0, 0.001 \cdot \pi .. 2 \cdot \pi \quad R1(W) := \sin(3 \cdot W) \quad R2(W) := 1.3 \cdot \cos(5 \cdot W)$$

$$Rmin := 0 \quad Rmax := 1.3$$

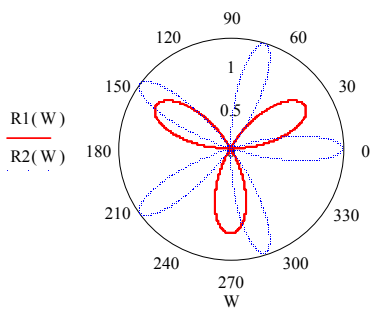


Рис. 14

$$W := 0, 0.001 \cdot \pi .. 2 \cdot \pi \quad R1(W) := \sin(3 \cdot W)$$

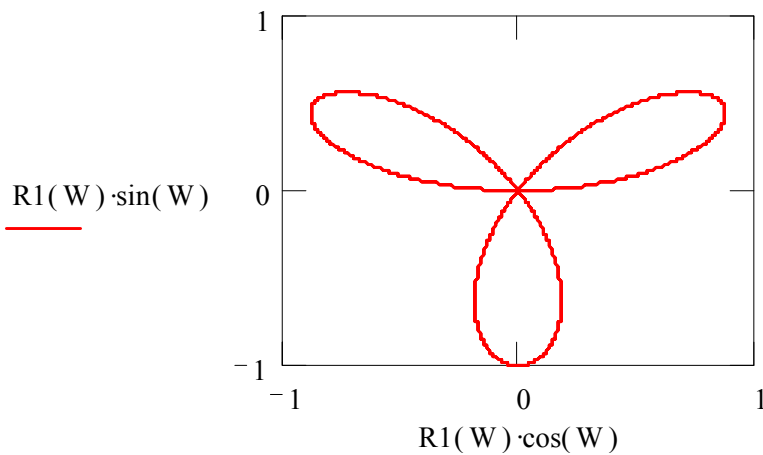


Рис. 15

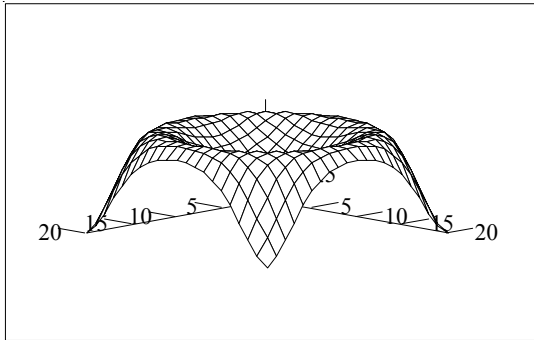
Построение трехмерных графиков позволяет строить поверхности вида $Z(X,Y)$, предварительно представленной матрицей M значений аппликат Z . при этом вводится шаблон графика, левый верхний угол которого помещается в место расположения курсора.

В единственный шаблон данных нужно занести имя матрицы со значением аппликат поверхности. Наглядность представления поверхностей в трехмерном пространстве зависит от множества факторов: масштаба построений,

углов поворота фигуры относительно осей, применения алгоритма удаления невидимых линий или отказа от него, использование функциональной за-
 краски. Для изменения этих параметров используются операции установки
 формата графика. Пример построения поверхности показан на рис. 16.

ПОСТРОЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ

$N := 20$ $i := 0..N$ $j := 0..N$ $x_i := -1.5 + 0.15i$ $y_j := -1.5 + 0.15j$
 $f(x, y) := \sin(x^2 + y^2)$ $M_{i,j} := f(x_i, y_j)$



М

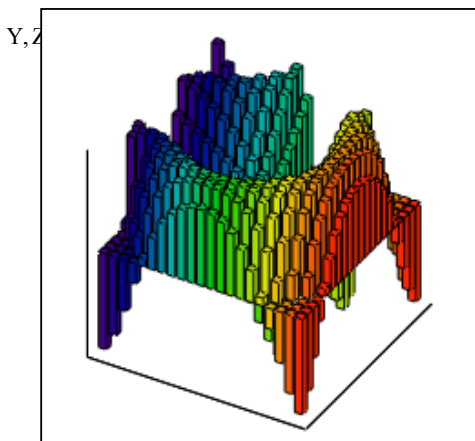
Рис. 16

Построение трехмерного графика в виде гистограммы, представляющей собой трехмерные столбики, высота которых определяется значениями координаты $Z(x,y)$. Подобные графики широко применяются при представлении сложных статистических данных, например представленных тремя независимыми переменными. Пример построения такой гистограммы показан на рис. 17.

ПОСТРОЕНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ ГИСТОГРАММЫ

$$f(x,y) := -\sin\left(\frac{x^2}{y}\right) \quad x := 0..15 \quad y := 0..15$$

$$M_{x,y} := f\left[\frac{(x-10)}{5}, \frac{(y-10)}{5}\right]$$



М

Рис. 17

Порядок выполнения работы

1. Войти в систему MathCAD. Внимательно ознакомиться с описанием лабораторной работы. Выполнить некоторые рассмотренные примеры. После завершения изучения описания удалить с листа рассмотренные примеры.

2. Выполнить средствами пакета MathCAD последовательность заданий из, указанного преподавателем варианта. Решения задач оформить в виде единого документа. Каждую задачу обязательно сопровождать комментариями.

2.1 Определить все корни уравнения.

1. $x + \ln(x+0.5) - 0.5 = 0$

2. $x^5 - x - 0.2 = 0$

3. $x^4 + 2x^3 - x - 1 = 0$

4. $x^3 - 0.2x^2 - 0.2x - 1.2 = 0$

5. $\frac{2 \sin^2 x}{3} - \frac{3 \cos^2 x}{4} = 0$

6. $x^4 + 0.8x^3 - 0.4x^2 - 1.4x - 1.2 = 0$

7. $x^2 - \sin 5x = 0$

8. $x^4 - 4.1x^3 + x^2 - 5.1x + 4.1 = 0$

$$9. 1.8x^4 - \sin 10x = 0$$

$$10. x^3 - 2x^2 + x - 3 = 0$$

2.2 Составить программу решения системы линейных уравнений. Выполнить проверку решения.

$$1. \begin{cases} 10x_1 + x_2 + x_3 = 12 \\ 2x_1 + 10x_2 + x_3 = 13 \\ 2x_1 + 2x_2 + 10x_3 = 14 \end{cases}$$

$$2. \begin{cases} 4x_1 + 0,24x_2 - 0,08x_3 = 8 \\ 0,09x_1 + 3x_2 - 0,15x_3 = 9 \\ 0,04x_1 - 0,08x_2 + 4x_3 = 20 \end{cases}$$

$$3. \begin{cases} 6x_1 - x_2 - x_3 = 11,33 \\ -x_1 + 6x_2 - x_3 = 32 \\ -x_1 - x_2 + 6x_3 = 42 \end{cases}$$

$$4. \begin{cases} 3x_1 - x_2 = 5 \\ -2x_1 + x_2 - x_3 = 0 \\ -2x_1 - x_2 + 4x_3 = 15 \end{cases}$$

$$5. \begin{cases} 0,427x_1 - 3,210x_2 - 1,307x_3 = 2,425 \\ 4,270x_1 - 0,513x_2 + 1,102x_3 = -0,176 \\ 0,012x_1 + 1,273x_2 - 4,175x_3 = 1,423 \end{cases}$$

$$6. \begin{cases} 10x_1 + x_2 + 2x_3 - 3x_4 = 0 \\ 2x_1 + 3x_2 + 20x_3 - x_4 = -10 \\ 3x_1 + 2x_2 + x_3 + 20x_4 = 15 \\ x_1 - 10x_2 - x_3 + 2x_4 = 0 \end{cases}$$

$$7. \begin{cases} 2x_1 + 3x_2 - 4x_3 + x_4 = 3,1 \\ 0,1x_1 - 2x_2 - 5x_3 + x_4 = 2 \\ 0,15x_1 - 3x_2 + x_3 - 4x_4 = 1 \\ 10x_1 + 2x_2 - x_3 + 2,1x_4 = -4,7 \end{cases}$$

$$8. \begin{cases} 4,13x_1 + 2,87x_2 - 1,94x_3 + 0,61x_4 = 0,32 \\ 1,27x_1 + 7,23x_2 - 0,15x_3 + 1,74x_4 = -4,16 \\ 0,19x_1 + 2,75x_2 + 3,14x_3 - 0,76x_4 = 2,33 \\ 2,87x_1 + 4,33x_2 - 2,41x_3 - 3,422x_4 = 2,79 \end{cases}$$

$$9. \begin{cases} x_1 + 3x_2 - 2x_3 - 2x_5 = 0,5 \\ 3x_1 + 4x_2 - 5x_3 + x_4 - 3x_5 = 5,4 \\ -2x_1 - 5x_2 + 3x_3 - 2x_4 + 2x_5 = 5 \\ x_2 - 2x_3 + 5x_4 + 3x_5 = 7,5 \\ -2x_1 - 3x_2 + 2x_3 + 3x_4 + 4x_5 = 3,3 \end{cases}$$

$$10. \begin{cases} 7,9x_1 + 5,6x_2 + 5,7x_3 - 7,2x_4 = 6,68 \\ 8,5x_1 - 4,8x_2 + 0,5x_3 + 3,5x_4 = 9,95 \\ 4,3x_1 + 4,2x_2 - 3,2x_3 + 9,3x_4 = 8,6 \\ 3,2x_1 - 1,4x_2 - 8,9x_3 + 8,3x_4 = 1 \end{cases}$$

2.3 Выполнить задание

1. Найти все корни уравнения $x^2 + \frac{25x^2}{(5+2x)^2} - \frac{74}{49} = 0$
2. Решить уравнение $x^5 + 1 = 0$
3. Решить уравнение $x^4 - 8x + 63 = 0$
4. Найти все четыре корня уравнения $15x^4 - 4x^3 - 6x^2 - 4x - 1 = 0$
5. Решить уравнение $8x^4 + 8x^3 - x - 190 = 0$
6. Решить уравнение $(8x + 7)^2(4x + 3)(x + 1) = 4,5$
7. Решить уравнение $x^2 + \left(\frac{x}{x-1}\right)^2 = 8$
8. Найти все корни уравнения $(x+1)(x+2)(x+3)(x+4) = 1$
9. Решить уравнение $(x-4)^3(x-5)^3 + 2(x-5)^3 + (x-4)^3 = 0$
10. Найти все корни уравнения $x^3 + 2x - 5\sqrt{3} = 1$

2.4 Найти все решения для системы уравнений

1. $\begin{cases} y = 2x^3 + 5 \\ y = 3x \end{cases}$
2. $\begin{cases} y = x^3 - 2x + 4 \\ y = 2x + 3,6 \end{cases}$
3. $\begin{cases} y = 2,8x^3 - 3x \\ y = 2,2x \end{cases}$
4. $\begin{cases} y = 2x^3 + 3,8x - 6,2 \\ y = 1,2x - 5 \end{cases}$
5. $\begin{cases} y = 1,18x^3 - 2,8x \\ y = 2,1x - 0,12 \end{cases}$
6. $\begin{cases} y = 2,1x^3 - 3,3x + 6 \\ y = x + 5,6 \end{cases}$
7. $\begin{cases} y = x^4 - x^2 \\ y = 0,05x - 0,18 \end{cases}$
8. $\begin{cases} y = -3,51x^3 - 6,1x + 2 \\ y = 1,08x - 1,9 \end{cases}$
9. $\begin{cases} y = 2,8x^3 - 6,2x - 3 \\ y = 2x - 0,12 \end{cases}$
10. $\begin{cases} y = -2,7x^3 + 6,1x \\ y = -1,8x + 0,51 \end{cases}$

2.5 Построить график функции. Модифицировать график, изменив его масштаб, включить координатную сетку, обозначить оси координат. Сохранить все варианты построенных графиков.

1. $y = -|x|$. при x , изменяющемся в диапазоне от -100 до +100

2. $y = |x| + |x - 1| + |x + 1|$.. при x , изменяющемся в диапазоне от -15 до +15

3. $y = |x^2 + x - 2|$.. при x , изменяющемся в диапазоне от -25 до +25

4. $y = (1 - x)|x + 1|$.. при x , изменяющемся в диапазоне от -10 до +10

5. $y = x^3 - 3x$ при x , изменяющемся в диапазоне от -5 до +5

6. $y = x^3 - 3x^2 + 2$ при x , изменяющемся в диапазоне от -5 до +5

7. $y = 4\left(\cos^4 \frac{x}{2} + \sin^4 \frac{x}{2}\right)$ при x , изменяющемся в диапазоне от -2π до $+2\pi$

8. $y = \cos x + \sin x$ при x , изменяющемся в диапазоне от -2π до $+2\pi$

9. $y = \sqrt[3]{x}$ при x , изменяющемся в диапазоне от -30 до +30

10. $y = x^{\frac{2}{3}}$ при x , изменяющемся в диапазоне от -30 до +30

2.6 Построить график в полярной системе координат

1. $R(\varphi) = 8 + 2,8 \cos(\varphi)$ для φ изменяющегося в диапазоне $0 \div 2\pi$.

2. $R(\varphi) = \frac{0,09(\varphi^3 + 1)^{\frac{2}{3}}}{\varphi^2 + 2}$ для φ изменяющегося в диапазоне $0 \div 20\pi$.

3. $R(\varphi) = \cos(2\varphi) + \sqrt{\cos^2(2\varphi) + 1,3}$ для φ изменяющегося в диапазоне $0 \div 2\pi$.

4. $R(\varphi) = 2|\varphi|$ для φ изменяющегося в диапазоне $0 \div 20\pi$.

5. $R(\varphi) = \sqrt{\cos(2\varphi)^2}$ для φ изменяющегося в диапазоне $0 \div 2\pi$.

6. $R(\varphi) = 1,8 + 1,6 \cos(\varphi)$ для φ изменяющегося в диапазоне $0 \div 2\pi$.

7. $R(\varphi) = \cos(2\varphi) + \sqrt{\cos^2(2\varphi)} + 4,5$ для φ изменяющегося в диапазоне $0 \div 2\pi$.

8. $R(\varphi) = 3e^{0,1\varphi}$ для φ изменяющегося в диапазоне $0 \div 20\pi$.

9. $R(\varphi) = \cos(2\varphi) + \sqrt{\cos^2(2\varphi)} - 0,01$ для φ изменяющегося в диапазоне $0 \div 2\pi$.

10. $R(\varphi) = -9 + 3,6 \cos(\varphi)$ для φ изменяющегося в диапазоне $0 \div 2\pi$.

2.7 Построить график функции $Y(x)$ и исследовать ее поведение в окрестностях точки X_0 .

1. $Y(x) = 3x^3 - 1,8x + 5,8$ $X_0=0$.

2. $Y(x) = x^3 - 3x$ $X_0=0$

3. $Y(x) = x^2 - x^3$ $X_0=0$

4. $Y(x) = 2,5x^3 + 3,8x + 1$ $X_0=0,5$.

5. $y = \frac{x^2 - 1}{x^2 + 1}$ $X_0=0$

6. $Y(x) = 2x^3 - 4,5x + 3,8$ $X_0=0$

7. $Y(x) = 2x^4 - 2x^2 + 2$ $X_0=1$

8. $Y(x) = 2x^3 - 4,5x + 3,8$ $X_0=0$

9. $Y(x) = x^3 - x^2 - x + 1$ $X_0=1$

10. $Y(x) = 2,1x^3 - 3,1x + 1,1$ $X_0=0$

2.8 Построить график поверхности, заданной девятьюстами точками. Поверхность описывается выражением $f(x, y) = \frac{x^2}{2} - \frac{y^2}{3}$. Изменить опции, влияющие на вид графика.

2.9 Построить трехмерную гистограмму по 225-и точкам. Функция описывается выражением $f(x, y) = \cos(x^3 \cdot 2y)$.

3. Оформите протокол лабораторной работы средствами MathCAD.

Содержание отчета

1. Титульный лист.
2. Решение всех задач с комментариями.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные способы решения систем линейных уравнений.
2. Какие операторы позволяют осуществить решение систем нелинейных уравнений?
3. Для чего необходимо выполнять проверку решения уравнений?
4. В чем смысл решения уравнений численными методами ?
5. Назовите порядок построения графика в декартовых системах координат.
6. Назовите порядок построения графика в полярной системе координат.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

«РАБОТА С ФАЙЛАМИ, ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УСЛОВНЫХ ФУНКЦИЙ И ПРОГРАММИРОВАНИЕ В СРЕДЕ MATHCAD»

Цель лабораторной работы - ознакомиться с основными операторами, обеспечивающими работу с файлами данных, организацию вычислений с условными функциями и изучить основы программирования в среде MathCAD.

Работа с файлами данных.

Для обмена с внешними программными системами MathCAD имеет специальный тип данных — *файловые данные*. В сущности, это те же векторы и

матрицы, но с элементами, которые могут записываться в виде простых текстовых файлов. Ниже перечислены основные файловые операции.

READPRN("Имя_файла"). Эта операция считывает данные в виде матрицы. Функция READPRN возвращает матрицу, значения элементов которой однозначно связаны со значениями элементов файла. Или, точнее, каждая строка или столбец возвращаемой матрицы подобны соответствующим строкам или столбцам текстового представления файла.

WRITEPRN("Имя_файла"). Эта операция применяется для записи матричного выражения (или матрицы) в файл с указанным именем. Структура файла подобна структуре матрицы.

APPENDPRN("Имя_файла"). Эта операция дописывает данные в уже существующий матричный файл. Следует особо отметить, что при работе с векторами и матрицами, имеющими комплексные элементы, эти операции используют расширенные векторы или матрицы, элементы которых — действительные числа.

Имя файла – включает путь к файлу. Можно задавать как полный путь к файлу, например, C:\Мои документы, так и относительный, имея в виду, что он будет отсчитываться от папки, в которой находится файл с документом MathCAD. Если вы задаете в качестве аргумента просто имя файла, то файл будет записан или прочитан из той папки, в которой находится сам документ MathCAD.

На рисунке 18 приведены примеры использования операторов для ввода-вывода данных.

РАБОТА С ДАННЫМИ МАТРИЧНОГО ТИПА

$x := 0..4$	$y_x := x^2 - 10$	$y = \begin{pmatrix} -10 \\ -9 \\ -6 \\ -1 \\ 6 \end{pmatrix}$	Создание файла данных в корневом каталоге диска D	
$\text{WRITEPRN}("d:/dannie.prn") := y$			$r = \begin{pmatrix} -10 \\ -9 \\ -6 \\ -1 \\ 6 \end{pmatrix}$ Считывание файла данных, создание вектора r	
$r := \text{READPRN}("d:/dannie.prn")$				
$M := \begin{pmatrix} -5 & 7 \\ 2 & -9 \end{pmatrix}$	$N := \begin{pmatrix} 1 + 3i & 2 + 4i \\ 2 - 8i & 4 - 5i \end{pmatrix}$	Определение матриц		
$\text{WRITEPRN}("d:/matr.prn") := N$			Запись матрицы в файл	
$NN := \text{READPRN}("d:/matr.prn")$				
$MN := NN + M$		$MN = \begin{pmatrix} -4 + 3i & 9 + 4i \\ 4 - 8i & -5 - 5i \end{pmatrix}$	Определение матрицы Дозапись матрицы A в существующий файл	
$A := \begin{pmatrix} 5 - 2i & 5i \\ 2 + 6i & 1 + 3i \end{pmatrix}$		$\text{APPENDPRN}("d:/matr.prn") := A$		
$NA := \text{READPRN}("d:/matr.prn")$		$NA = \begin{pmatrix} 1 + 3i & 2 + 4i \\ 2 - 8i & 4 - 5i \\ 5 - 2i & 5i \\ 2 + 6i & 1 + 3i \end{pmatrix}$		Считывание файла данных, создание матрицы

Использование функций с условиями сравнения

В системе MathCAD существует ряд встроенных функций, у которых возвращаемый ими результат зависит от знака или значения аргумента. Так, при их вычислении производится сравнение аргумента с некоторыми числовыми константами, например с нулем или целыми числами. Ниже представлены такие функции с условиями сравнения.

ceil(x) — наименьшее целое, большее или равное x;

floor(x) — наибольшее целое, меньшее или равное x;

mod(x,y) — остаток от деления x/y со знаком x;

angle(x,y) — положительный угол между осью x и радиус-вектором точки с координатами (x,y);

$\Phi(x)$ — функция Хевисайда — единичного скачка (Дает 0 при $x < 0$ и 1 в противном случае);

$\delta(m,n)$ — функция, именуемая символом Кронекера, возвращающая 1 при $m=n$ и 0 в противном случае.

Функцию Хевисайда можно использовать для задания прямоугольного импульса с шириной τ .

$$\text{pulse}(t,\tau) := \Phi(t) - \Phi(t-\tau).$$

Более широкие возможности дает функция **if** для создания условных выражений:

$$\text{if}(\text{Условие}, \text{Выражение 1}, \text{Выражение 2}).$$

Если в этой функции условие выполняется, то вычисляться выражение 1, в противном случае — выражение 2.

ПРИМЕНЕНИЕ ФУНКЦИИ IF

$$x := 0, 0.1.. 20$$

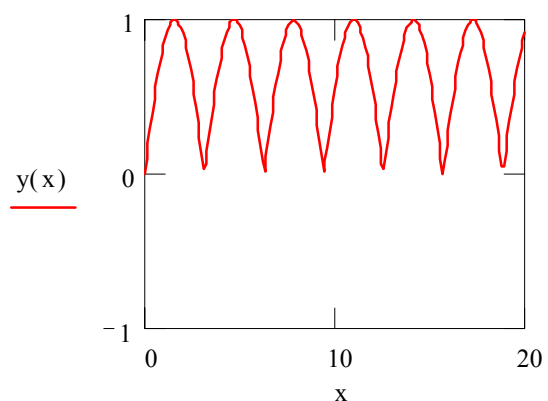
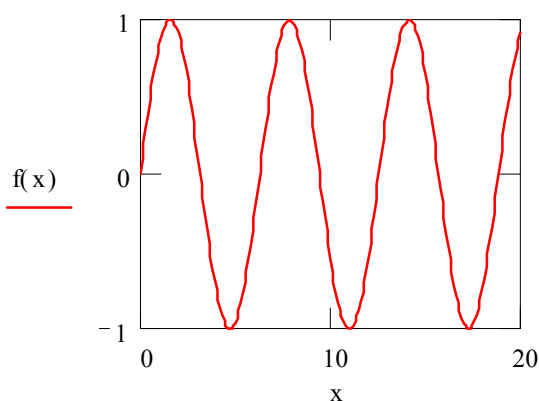
$$f(x) := \sin(x)$$

Синусоидальный сигнал

$$y(x) := \text{if}(f(x) \geq 0, f(x), -f(x))$$

Сигнал двухполупериодного выпрямления

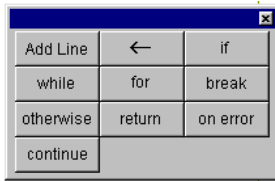
Графики функций



Использование программных модулей

Программные операторы сосредоточены в наборной панели программных

элементов. Набор программных элементов весьма ограничен



Add Line	←	if
while	for	break
otherwise	return	on error
continue		

Add Line — создает и при необходимости расширяет жирную вертикальную линию, справа от которой в шаблонах задается запись программного блока;

← — символ локального присваивания (в теле программного модуля);

if — оператор условного выражения;

for — оператор задания цикла с фиксированным числом продолжений

while — оператор задания цикла типа "пока" (цикл выполняется, пока выполняется некоторое условие);

otherwise — оператор иного выбора (обычно применяется с **if**);

break — оператор прерывания;

continue — оператор продолжения;

return — оператор-функция возврата;

on error — оператор обработки ошибок.

Пример использования программных операторов приведен на следующей странице.

Оператор Add Line выполняет функции расширения программного блока. расширение фиксируется удлинением вертикальной черты программных блоков или их древовидным расширением.

Оператор внутреннего присваивания ← выполняет функции внутреннего локального присваивания. Например, выражение $x \leftarrow 12$ присваивает переменной x значение 12. Локальный характер присваивания означает, что такое значение x сохраняет только в теле программы. За пределами тела программы значение переменной может быть не определенным, либо равно значению, которое задается оператором локального $:=$ и глобального \equiv присваи-

вания.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНЫХ БЛОКОВ

$x := 14$

Задано значение x

$\ln(x) = 2.639$

Вычислен натуральный логарифм

$\left\| \begin{array}{l} x \leftarrow 5 \\ \ln(x) \end{array} \right. = 1.609$

Локально задано $x=5$ и вычислен натуральный логарифм от 5.

$x = 14$

За пределами программного блока x сохранил значение 14.

$f(x, y, z) := \frac{x}{x+y \cdot z} + \frac{y}{x+y \cdot z} + \frac{z}{x+y \cdot z}$

Задание функции обычным способом

$f(5, 7, -3) = -0.563$

$f(2, 5, 7) = 0.378$

Вычисление значений функции

$Ff(x, y, z) := \left\| \begin{array}{l} as \leftarrow x + y \cdot z \\ \frac{x + y + z}{as} \end{array} \right.$

Задание функции программным блоком

$Ff(5, 7, -3) = -0.563$

$Ff(2, 5, 7) = 0.378$

Вычисление значений функции

Оператор создания условных выражений if задается в виде

Выражение if Условие

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

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

for Var \in Nmin..Nmax

Эта запись означает, что если переменная Var меняется с шагом +1 от значения Nmin до Nmax, то выражение, помещенное в шаблон, будет выполняться. переменную счетчика Var можно использовать в выражениях про-

граммы.

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

```
while Условие
```

Выполняемое выражение записывается на место шаблона.

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

Оператор break вызывает прерывание работы программы всякий раз, как

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

он встречается. чаще всего он используется совместно с оператором условного выражения `if` и операторами циклов **while** и **for**, обеспечивая переход в конец тела цикла.

Оператор continue (продолжения) используется для продолжения работы после прерывания программы. Он также используется обычно совместно с операторами задания циклов **while** и **for**, обеспечивая после прерывания возврат в начало цикла.

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

```
return 0 if x < 0
```

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

Оператор on error и функция error . Оператор обработки ошибок позволяет создавать конструкции обработчиков ошибок. Этот оператор задается в

виде:

Выражение_1 on error Выражение_2

Здесь, если при выполнении Выражения_1 возникает ошибка, то выполняется Выражение_2. Для обработки ошибок полезна также функция **error(S)**, которая будучи в программном модуле возвращает окошко с надписью, хранящейся в символьной переменной S или в символьной константе (любой фразе в кавычках).

На следующей странице рассмотрены примеры использования программных блоков.

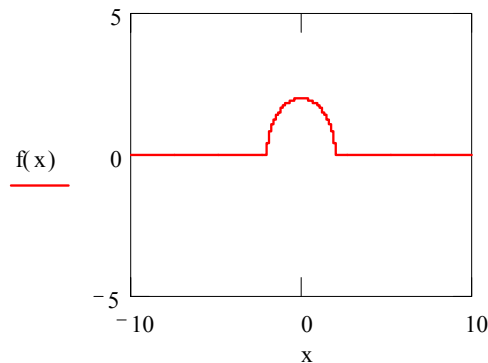
Вложенные циклы позволяют сделать программу компактней. На странице 39 рассмотрен пример решения с использованием вложенных циклов следующей задачи. *Дан массив чисел $a_1..a_{10}$. Вычислить $a_1+a_2^2+\dots+a_{10}^{10}$.*

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНЫХ БЛОКОВ

Применение условного оператора в программном блоке

$$f(x) := \begin{cases} 0 & \text{if } |x| > 2 \\ \sqrt{4 - x^2} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$x := -10, -9.99..10$$



Применение оператора цикла for для вычисления суммы и произведения последовательности целых чисел.

$$\text{sum}(n) := \begin{cases} s \leftarrow 0 \\ \text{for } i \in 1..n \\ \quad s \leftarrow s + i \end{cases}$$

sum(10) = 55
sum(25) = 325

$$\text{prod}(n) := \begin{cases} p \leftarrow 1 \\ \text{for } i \in 1..n \\ \quad p \leftarrow p \cdot i \end{cases}$$

prod(4) = 24
prod(8) = 4.032 · 10⁴

Применение оператора цикла while и break для вычисления первого элемента массива, превосходящего заданное число (1,98) и выдачи индекса этого элемента.

$$m := 0..2500 \quad v_m := 1 + \sin(m)$$

Создание массива

$$t(v, \text{thesh}) := \begin{cases} j \leftarrow 0 \end{cases}$$

Инициализация счетчика

$$\text{break if } \max(v) \leq \text{thesh}$$

Отслеживание специального случая

$$\text{while } v_j \leq \text{thesh}$$

$$j \leftarrow j + 1$$

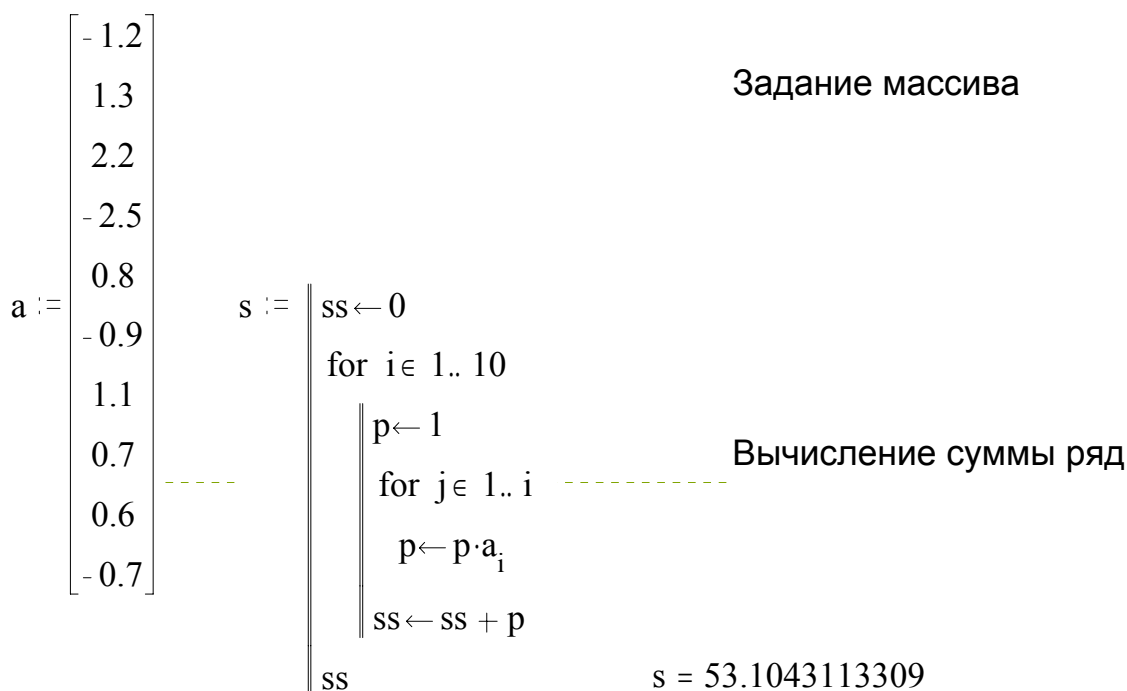
$$\begin{bmatrix} j \\ v_j \end{bmatrix}$$

$$t(v, 1.98) = \begin{bmatrix} 8 \\ 1.989 \end{bmatrix}$$

Впервые восьмой элемент массива превосходит заданную величину

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЛОЖЕННЫХ ЦИКЛОВ

ORIGIN=1



Порядок выполнения работы

1. Войти в систему MathCAD. Внимательно ознакомиться с описанием лабораторной работы. Выполнить некоторые рассмотренные примеры. После завершения изучения описания удалить с листа рассмотренные примеры.

2. Выполнить средствами пакета MathCAD последовательность заданий из вариантов, указанных преподавателем, формируя единый документ. Каждую задачу обязательно сопровождать комментариями.

2.1 Выполнить задание из приложения А.

2.2 Выполнить задание из приложения Б.

2.3 Используя условную функцию if построить график ступенчатой функции из приложения В.

- 2.4 Используя программный модуль решить задачу из Приложения Г.
- 2.5 Используя программный модуль решить задачу из Приложения Д.
- 2.6 Используя подпрограммы, решить задачу из Приложения Е

Содержание отчета

1. Титульный лист.
2. Решение всех задач с комментариями

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные операторы для работы с файлами данных.
2. Напишите структуру оператора условия if.
3. Назовите основные программные операторы MathCAD.
4. Какие операторы позволяют организовать циклы с неизвестным количеством повторений ?
5. Какие операторы позволяют организовать циклы с известным количеством повторений?
6. Каким образом можно организовать вложенные циклы ?

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Сформировать массив чисел по выражению, заданному в таблице. Записать значения элементов массива в файл с указанным именем. Сосчитать массив из записанного файла и умножить все его элементы на указанный скаляр.

№ варианта	Длина вектора	Выражение	Скаляр	Имя файла
1	8	$\frac{i}{i+1}$	2,5	first
2	7	$\frac{1}{i+1}$	-2,7	second
3	9	$\frac{5}{i}$	3,6	third
4	8	$\frac{10}{i+1}$	3,2	fourth
5	7	$\frac{1}{2i}$	-4,3	fifth
6	9	$\frac{1}{2i+1}$	2,8	sixth
7	8	$\frac{5}{2i+1}$	-1.7	seventh
8	7	$\frac{3}{0,5i+1}$	3,9	eighth
9	9	$\frac{1}{0,3i+3}$	-2,4	ninth
10	6	$\frac{1}{0,7i+1}$	3,5	tenth

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Сформировать матрицу размером и по выражениям, заданным в таблице. Записать значения элементов этой матрицы в файл. Найти максимальный эле-

мент Обнулить матрицу путем умножения на 0. Сосчитать значения матрицы из файла и вывести ее на экран.

№ варианта	Размер матрицы	Выражение	Имя файла
1	4x4	$a_{i,j} = (i+1)+(j-1)$	prima
2	4x5	$a_{i,j} = i \cdot j - i$	seconda
3	3x5	$a_{i,j} = 2 \cdot i + j$	tercia
4	5x3	$a_{i,j} = (i+j)+(i-j)$	quarta
5	3x3	$a_{i,j} = (i+j)/2$	quinta
6	4x3	$a_{i,j} = (i+j)/3 - 1$	sexta
7	3x4	$a_{i,j} = (i+j)/5 + 2$	septima
8	4x4	$a_{i,j} = (i+j)/4 - 2$	octava
9	5x4	$a_{i,j} = (i+j)/7 + 2$	nonan
10	5x5	$a_{i,j} = (i+j)/3 + 1$	desima

ПРИЛОЖЕНИЕ В

$$11. y(x) = \begin{cases} -x & \text{при } x < 0 \\ -x^2 & \text{при } x \geq 0 \end{cases}$$

$$2. y(x) = \begin{cases} \frac{1}{x^2} & \text{при } x < -1 \\ x^2 & \text{при } -1 \leq x \leq 2 \\ 4 & \text{при } x > 2 \end{cases}$$

$$3. y(x) = \begin{cases} x^2 & \text{при } x < 0 \\ -x^4 & \text{при } x \geq 0 \end{cases}$$

$$4. y(x) = \begin{cases} -x - 1 & \text{при } x < -1 \\ x + 1 & \text{при } -1 \leq x \leq -0 \\ -x + 1 & \text{при } -0 \leq x \leq 1 \\ x - 1 & \text{при } x > 1 \end{cases}$$

$$5. y(x) = \begin{cases} -3x - 1 & \text{при } x \leq -2 \\ -x + 6 & \text{при } -2 \leq x \leq 1 \\ x + 4 & \text{при } 1 \leq x \leq 3 \\ 3x - 2 & \text{при } x > 3 \end{cases}$$

$$6. y(x) = \begin{cases} -1 & \text{при } x < -1 \\ x & \text{при } -1 \leq x \leq 1 \\ 1 & \text{при } x > 1 \end{cases}$$

$$7. y(x) = \begin{cases} -x^2 & \text{при } x < 0 \\ -x^3 & \text{при } x \geq 0 \end{cases}$$

$$8. y(x) = \begin{cases} -x & \text{при } x < -1 \\ 1 & \text{при } -1 \leq x \leq 1 \\ x & \text{при } x > 1 \end{cases}$$

$$9. y(x) = \begin{cases} -\frac{1}{x^2} + 1 & \text{при } x < -1 \\ x^2 + 1 & \text{при } -1 \leq x \leq 2 \\ 5 & \text{при } x > 2 \end{cases}$$

$$10. y(x) = \begin{cases} x + 1 & \text{при } x < -1 \\ -x - 1 & \text{при } -1 \leq x \leq -0 \\ x - 1 & \text{при } -0 \leq x \leq 1 \\ -x + 1 & \text{при } x > 1 \end{cases}$$

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

1. Вычислить $\sum_{i=1}^{100} \frac{1}{i^2}$

2. Вычислить $\sum_{i=1}^{50} \frac{1}{i^3}$

3. Вычислить $\sum_{i=1}^{128} \frac{1}{i^3}$

4. Вычислить $\sum_{i=1}^{120} \frac{1}{i}$

5. Вычислить $\sum_{i=1}^9 \frac{1}{i^5}$

6. Вычислить $\sum_{i=1}^{39} \frac{1}{(2i+1)^2}$

7. Вычислить $\sum_{i=1}^{12} \frac{(-1)^{i+1}}{i(i+1)}$

8. Вычислить $\sum_{i=1}^{25} \frac{(-1)^i}{i(2i+1)}$

9. Вычислить $\sum_{i=1}^{90} \frac{(-1)^{i+1}}{i(i+1)(i+2)}$

10. Вычислить $\sum_{i=1}^5 \frac{(-1)^{i+1}}{4^i + 5^{i+2}}$

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Вычислить сумму ряда с заданной точностью ε . Считать, что требуемая точность достигнута, если вычислена сумма нескольких первых слагаемых и очередное слагаемое оказалось по модулю меньше, чем ε . Указать количество учтенных слагаемых.

1. Для $x=1,28$ и $\varepsilon=0,000001$ $\sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{x^3 k^2}$.

2. Для $x=3,51$ и $\varepsilon=0,000001$ $\sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{x^2 + k^3}$.

3. Для $x=1,21$ и $\varepsilon=0,000001$ $\sum_{k=1}^{\infty} \frac{x^2}{k^{3/2}}$.

4. Для $x=2,47$ и $\varepsilon=0,000001$ $\sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{|x|} + k^2}$.

5. Для $x=3,11$ и $\varepsilon=0,000001$ $\sum_{k=1}^{\infty} \frac{\sqrt{|x|}}{k^3}$

6. Для $x=1,85$ и $\varepsilon=0,000001$ $\sum_{k=1}^{\infty} \frac{x}{k^3 + k\sqrt{|x|} + 1}$

7. Для $x=2,01$ и $\varepsilon=0,000001$ $\sum_{k=1}^{\infty} \frac{(-1)^k x^k}{k}$

8. Для $x=1,09$ и $\varepsilon=0,000001$ $\sum_{k=1}^{\infty} \frac{(-1)^k (k+1)x^k}{3^k}$

9. Для $x=3,12$ и $\varepsilon=0,000001$ $\sum_{k=1}^{\infty} \frac{(-1)^k x^k}{(k+1)^2}$

10. Для $x=0,89$ и $\varepsilon=0,000001$ $\sum_{k=1}^{\infty} x^{(k^2)}$

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

1. Вычислить $\sum_{i=1}^{100} \sum_{j=1}^{50} \frac{1}{i + j^2}$

2. Вычислить $\sum_{i=1}^{100} \sum_{j=1}^{60} \sin(i^3 + j^4)$

3. Вычислить $\sum_{i=1}^{100} \sum_{j=1}^{100} \frac{j - i + 1}{i + j}$

4. Вычислить $\sum_{i=1}^{100} \sum_{j=1}^i \frac{1}{i + 2j}$

5. Для $x=1,23$ вычислить $\sum_{k=1}^{100} k^k x^{2k}$

6. Для $x=1,05$ вычислить $\sum_{i=1}^{50} \sum_{j=i}^{50} \frac{x + i}{j}$

7. Для $x=1,05$ вычислить $\sum_{i=1}^{50} \sum_{j=i}^{50} \frac{x + i}{j}$

8. Вычислить $\sum_{i=1}^{10} i^3 \sum_{j=1}^{15} (i - j)^2$

9. Вычислить $\sum_{i=1}^{20} \sum_{j=1}^{20} \frac{j - i + 2}{i + 2j}$

10. Вычислить $\sum_{i=1}^{50} \sum_{j=1}^{10} \cos(i^2 + j^3)$

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4 « СИМВОЛЬНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ »

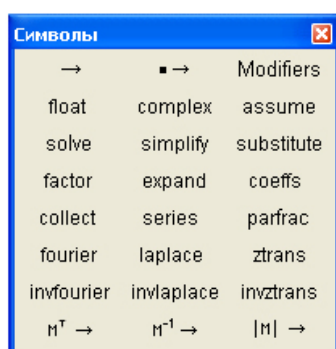
Цель лабораторной работы - ознакомиться с основными правилами использования символьного процессора MathCAD 11.

Операции, относящиеся к работе символьного процессора, содержатся в подменю позиции **Symbolics** главного меню. Они выполняются в командном режиме.

Символьные вычисления можно осуществлять в двух различных режимах:

- с помощью команд меню;
- с помощью оператора символьного вывода \rightarrow , ключевых слов символьного процессора и обычных формул.

Первый способ более удобен, когда требуется быстро получить какой-либо аналитический результат для однократного использования, не сохраняя сам ход вычислений. Второй способ более нагляден, т.к. позволяет записывать выражения в традиционной математической форме и сохранять символьные вычисления в документах MathCAD. Кроме того, аналитические преобразования, проводимые через меню, касаются только одного, выделенного в данный момент выражения. Соответственно, на них не влияют формулы, находящиеся в документе выше этого выделенного выражения.



Чтобы символьные операции выполнялись, процессору необходимо указать, над каким выражением это должно проводиться, т.е. выделить выражение. Для ряда операций следует не только указать выражение, к которому она относится, но и наметить переменную, относительно которой выполняется символьная операция.

В этом случае само выражение не выделяется, так как ясно, что если маркер ввода выделяет переменную какого-либо выражения, то это выражение уже отмечено наличием в нем выделяемой переменной. Символьные операции разбиты на пять разделов.

Операции с выделенными выражениями.

Evaluate — преобразовать выражение с выбором вида преобразования;

Evaluate Symbolically — выполнить символьное вычисление выражения;

Floating Point Evaluation... — выполнить арифметические операции в выражении с результатов в форме числа с плавающей точкой;

Complex Evaluation — выполнить вычисления с представлением операций в комплексном виде;

Simplify — упростить выделенное выражение с выполнением таких операций как сокращение подобных слагаемых, приведение к общему знаменателю, использование основных тригонометрических тождеств и т. д.;

Expand — раскрыть выражение [например для $(X+Y)*(X-Y)$ получим $X^2 - Y^2$];

Factor — разложить число или выражение на множители [$X^2 - Y^2$ даст $(X+Y)*(X-Y)$];

Collect — собрать слагаемые, подобные выделенному выражению, которое может быть отдельной переменной или функцией со своим аргументом (результатом будет выражение, полиномиальное относительно выбранного выражения);

Polynomial Coefficients — найти коэффициенты полинома по заданной переменной, приближающего выражение, в котором эта переменная использована.

Операции с выделенными переменными.

Solve — найти значение выделенной переменной, при которых содержащее ее выражение становится равным нулю;

Substitute — заменить указанную переменную содержимым буфера обмена;

Differentiate — дифференцировать все выражение, содержащее выделенную переменную, по отношению к этой переменной (остальные переменные рассматриваются как константы);

Integrate — интегрировать все выражение, содержащее выделенную переменную, по этой переменной;

Expand to Series — найти несколько членов разложения выражения в ряд Тейлора относительно выделенной переменной;

Convert to Practical Fraction — разложить на элементарные дроби выражение, которое рассматривается как рациональная дробь относительно выделенной переменной.

Операции с выделенными матрицами.

Они представлены позицией в подменю **Matrix**, которая имеет свое подменю со следующими операциями:

Transpose — получить транспонированную матрицу;

Invert — создать обратную матрицу;

Determinant — вычислить детерминант (определитель) матрицы.

Операции преобразования.

В позиции меню **Symbol** содержится раздел операций преобразования:

Fourier Transform — вычислить прямое преобразование Фурье относительно выделенной переменной (результат — функция от переменной s ;

Inverse Fourier Transform — вычислить обратное преобразование Фурье относительно выделенной переменной;

Laplace Transform — вычислить прямое преобразование Лапласа относительно выделенной переменной ;

Inverse Laplace Transform — вычислить обратное преобразование Лапласа относительно выделенной переменной (результат — функция от переменной t);

Z Transform — вычислить прямое z-преобразование выражения относительно выделенной переменной (результат — функция от переменной z);

Inverse Z Transform — вычислить обратное z-преобразование относительно выделенной переменной (результат — функция от переменной n).

Стиль символьных преобразований.

Evaluation Style — задать вывод результата символьной операции под основным выражением, рядом с ним или вместо него;

Все указанные операции можно выполнять двумя способами:

- ◆ непосредственно в командном режиме (используя описанные выше операции в позиции **Symbolic** главного меню;
- ◆ с помощью оператора символьных операций \rightarrow и операций, представленных в палитре символьных вычислений.

На следующей странице приведены примеры использования режимов символьных вычислений.

Символьная алгебра.

Символьное преобразование. Для его выполнения необходимо выполнить следующие шаги:

- ввести выражение;
- окружить его синей выделяющей рамкой;
- нажать [**Shift**] [**F9**] .

Обычно символьный процессор возвращает результаты перестраивая переменные. Таким образом, когда Mathcad преобразует выражение, содержащее π или e , он будет обычно возвращать другое выражение, содержащее π или e . Чтобы предписать Mathcad возвратить числовые значения этих переменных, выберите из меню **SIMBOLIC** (Символика) **Evaluate** (Вычислить) \Rightarrow **Floating point evaluation** (С плавающей запятой). Появится диалоговое

окно, в котором можно определить число цифр справа от десятичной точки. По умолчанию это число равно 20.

Упрощение выражения. Основные алгебраические и тригонометрические упрощения выбранного выражения выполняются выбором команды **Simplify** (Упростить). При этом выполняются арифметические преобразования, сокращаются общие множители, используются основные тождества для тригонометрических и обратных функций и упрощаются квадратные корни и степени. Перед выбором команды **Simplify** необходимо выделить синей рамкой упрощаемое выражение или его часть.

Упрощению могут быть подвергнуты как все выражения целиком, так и его части (например, только числитель дроби). Можно упрощать выражения, содержащие массивы, например, суммы или произведения матриц.

$$\frac{x^3 + 4 \cdot x^2 - 6 \cdot x - 15}{x - 2} - 2 \cdot x + \text{упрощается до } \frac{(x^3 + 2 \cdot x^2 + x - 21)}{(x - 2)}$$

$$\frac{\sqrt{a \cdot b} - \frac{a \cdot b}{a + \sqrt{a \cdot b}}}{\left(\frac{\sqrt[4]{a \cdot b} - \sqrt{b}}{a - b} \right)} \text{ упрощается до } b^{\left(\frac{1}{4}\right)} \cdot a \cdot \left[a^{\left(\frac{1}{4}\right)} + b^{\left(\frac{1}{4}\right)} \right]$$

$$1 + \cos(\alpha) + \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \text{ упрощается до } 2 \cdot \cos\left(\frac{1}{2} \cdot \alpha\right)^2 + \cos\left(\frac{1}{2} \cdot \alpha\right)$$

$$4i^3 + (2 + 3i)^2 \text{ упрощается до } -5 - 52i$$

$$35! \text{ упрощается до } 103331479663861449296666513375232000$$

Разложение выражения. С помощью команды **Expand Expression** (Разложить по степеням) можно разложить все степени и произведения сумм в выделенном выражении. Если выражение - дробь, числитель будет разложен, и выражение будет представлено как сумма дробей. Синусы, косинусы и тангенсы сумм переменных, или целого числа, умноженного на аргумент, будут разложены, насколько возможно, в выражения, включающие только синусы и косинусы одиночных переменных.

Разложение выражений в ряды позволяет разложить выражение в

$$(x - 2 \cdot y)^4 \rightarrow x^4 - 8 \cdot x^3 \cdot y + 24 \cdot x^2 \cdot y^2 - 32 \cdot x \cdot y^3 + 16 \cdot y^4 \rightarrow$$

$\sin(6 \cdot x) \rightarrow 32 \cdot \sin(x) \cdot \cos(x)^5 - 32 \cdot \sin(x) \cdot \cos(x)^3 + 6 \cdot \sin(x) \cdot \cos(x) \rightarrow$ ряд Тейлора с остаточным членом в форме Пеано. Чтобы использовать эту команду необходимо:

- выделить переменную в функции или выражении, по которой требуется найти разложение;

- выберите команду **Expand to Series** (Разложить в ряд). При этом диалоговое окно запросит порядок остаточного члена. Это определит число членов формулы.

Ответы, которые получаются использованием этой команды, используют для остаточного члена обозначение **O**. Прежде чем использовать разложение для дальнейших вычислений, следует удалить этот остаточный член.

$$e^{x-a} \quad \exp(-a) + \exp(-a) \cdot x + \left(\frac{1}{2} \cdot \exp(-a)\right) \cdot x^2 + \left(\frac{1}{6} \cdot \exp(-a)\right) \cdot x^3 + O(x^4)$$

Разложения выражения на множители. Использование команды **Factor Expression** (Разложить на множители) позволяет разложить выраже-

$$\frac{x}{x^2 + y^2} - \frac{y \cdot (x - y)^2}{x^4 - y^4} \text{ factor, } x \rightarrow \frac{1}{(y + x)}$$

ние на множители выбранное выражение. Если выражение представляет собой целое число, то Mathcad будет пытаться преобразовать выражение в произведение. Эта команда будет объединять сумму дробей в одну дробь и будет упрощать многоэтажную дробь с несколькими дробными чертами.

Приведение подобных членов. Для объединения членов, содержащих одинаковые степени выделенного подвыражения необходимо пользоваться командой **Collect Subexpression** (Разложить по подвыражению). Выбираемое подвыражение должно быть простой переменной, либо встроенной функцией вместе с аргументом.

Разложение на элементарные дроби. Для того, чтобы преобразовать

$$x^3 - 2 \cdot y \cdot a \cdot x^2 - (2 - a) \cdot x^2 + 3 \cdot a \cdot y \cdot x + 3 \cdot y \cdot (a^2 - 2) \cdot x - 12$$

Приведение подобных членов относительно x

$$x^3 + (-2 + a - 2 \cdot y \cdot a) \cdot x^2 + (3 \cdot y \cdot (a^2 - 2) + 3 \cdot y \cdot a) \cdot x - 12$$

выражение в сумму элементарных дробей необходимо:

- выделить переменную в знаменателе выражения;

- выбрать команду **Convert to Partial Fraction** (Разложить на элементарные дроби)

При этом символьный процессор будет пытаться разлагать знаменатель выражения на линейные или квадратичные множители, имеющие целочисленные коэффициенты. Если это удастся, он будет разлагать выражение в сумму дробей с этими множителями в качестве знаменателя. Все константы

$$\frac{5 \cdot x^2 - 3 \cdot x + 10}{x^3 + 2 \cdot x^2 - 9 \cdot x - 18} = \frac{23}{(15 \cdot (x - 3))} + \frac{32}{(3 \cdot (x + 3))} - \frac{36}{(5 \cdot (x + 2))}$$

в выделенном выражении должны быть целыми числами или дробями. Mathcad не будет разлагать выражение, которое содержит десятичные точки.

Нахождение коэффициентов полинома. Для того, чтобы выражения перезаписать в виде полиномов от выделенной переменной или относительно подвыражения, необходимо:

- выделив переменную или функцию, относительно которой требуется разложить выражение в полином;

- выбрать команду **Polynomial Coefficients** (Полиномиальные коэффициенты).

Mathcad возвращает вектор, содержащий коэффициенты требуемого полинома в порядке возрастания степеней.

$$a^2 \cdot x^3 - 2 \cdot x + (a - 1) \cdot x + 3 \cdot a \quad \begin{bmatrix} 3 \cdot a \\ -3 + a \\ 0 \\ a^2 \end{bmatrix}$$

Нахождение коэффициентов относительно степеней x .

$$-6 \cdot \sin(x) + (\sin(x))^2 - (2 - a) \cdot \sin(x) \quad \begin{bmatrix} 0 \\ -8 + a \\ 1 \end{bmatrix}$$

Нахождение коэффициентов относительно степеней $\sin x$.

Замена переменных. Для замены выделенным выражением заданной переменной необходимо:

- выделить выражение, которое будет заменять переменную;
- скопировать его в буфер обмена, выбирая команду **Copy** (Копировать) из меню **Edit** (Правка);
- выделить переменную, которую нужно заменить, и выбрать **Substitute for Variable** (Заменить переменную) из меню **Symbolic**

Вычисление сумм и произведений. Для вычисления суммы необходимо:

- вызвать оператор суммирования;
- ввести выражение, которое нужно суммировать, в месте ввода справа от « Σ »;
- поместить индекс и диапазон суммирования в поля выше и ниже « Σ »;
- окружить все выражение выделяющей рамкой и нажать **[Shift] [F9]**

$$\sum_{a=1}^n (a-1)^3 = -3 \cdot n - 2 + \frac{13}{4} \cdot (n+1)^2 - \frac{3}{2} \cdot (n+1)^3 + \frac{1}{4} \cdot (n+1)^4$$

$$\left[\prod_{k=1}^{10} \left(1 - \frac{1}{5 \cdot k} \right) \right] = \frac{131269138}{244140625}$$

Символьные вычисления

Производные. Чтобы вычислить производную в символьном виде, можно использовать оператор производной Mathcad:

- задайте оператор первой производной или производной более высокого порядка;
- в поле введите выражение, которое требуется дифференцировать, и переменную, по которой дифференцируете;
- нажмите **[Shift] [F9]**.

Производную можно найти не используя оператор производной:

- выделите переменную, по которой необходимо произвести дифференцирование;

- выберите команду **Differentiate on Variable** (Дифференцировать по переменной).

$$\frac{d}{dx} (\sin(x) + \cos(x)) \quad \cos(x) - \sin(x) \quad \text{Нахождение производной.}$$

Нахождение второй производной и упрощение выражения для второй производной.

$$\frac{d^2}{dx^2} \sin\left(\frac{1}{x}\right) \quad \frac{-\sin\left(\frac{1}{x}\right)}{x^4} + 2 \cdot \frac{\cos\left(\frac{1}{x}\right)}{x^3} \quad \frac{\left(-\sin\left(\frac{1}{x}\right) + 2 \cdot \cos\left(\frac{1}{x}\right) \cdot x\right)}{x^4}$$

$$\frac{1+x}{\sqrt{1-x}} \quad \frac{1}{\sqrt{1-x}} + \frac{1}{2} \cdot \frac{(1+x)}{(1-x)^{\frac{3}{2}}} \quad \text{Нахождение производной без применения оператора производной.}$$

Неопределенные интегралы. Для использования символьного оператора вычисления неопределенного интеграла:

- вставьте оператор неопределенного интеграла и поля ввода его параметров;
- заполните поле ввода для подинтегрального выражения;
- поместите переменную интегрирования в поле ввода, следующее за «d»;
- заключите выражение в выделяющую рамку;
- нажмите **[Shift] [F9]**.

Возможно интегрирование без использования символьного оператора

$$\int \frac{x}{2 \cdot x^2 - 3 \cdot x - 2} dx \quad \frac{1}{10} \cdot \ln(2 \cdot x + 1) + \frac{2}{5} \cdot \ln(x - 2)$$

$$\frac{1}{(\sin(x))^2} \quad \frac{-1}{\sin(x)} \cdot \cos(x)$$

Нахождение интеграла без применения оператора интегрирования.

вычисления неопределенного интеграла. Для этого:

- выделите переменную, по которой ведется интегрирование;
- выберите пункт меню **Integrate on Variable** (Интегрировать по переменной).

Определенные интегралы. Для использования символьного оператора вычисления определенного интеграла:

- введите знак определенного интеграла с пустыми полями ввода;
- заполните поля ввода для пределов интегрирования. Они могут быть переменными, константами или выражениями.
- Введите в поле ввода подинтегральное выражение;
- заполните поле ввода позади «d». Это задаст переменную интегрирования.
- Нажмите **[Shift] [F9]**.

$$\int_0^{\infty} \frac{1}{\sqrt{x}} dx = \infty$$
$$\int_{-1}^1 \frac{e^x}{x^3} dx = -2 \cdot \exp(-1)$$

Если символьное интегрирование выполнено успешно и пределы интегрирования - целые числа, дроби или точные константы, подобно π , процессор выдает точное значение интеграла. Если подинтегральное выражение или один из пределов содержит десятичную точку, символьный ответ будет числом, отображаемым с двадцатью значащими цифрами.

Пределы. В Mathcad PLUS есть три оператора вычисления пределов. Они могут быть вычислены только символично. Чтобы использовать операторы, вычисляющие пределы, необходимо:

- вызвать оператор нахождения соответствующего предела;
- ввести выражение в поле ввода справа от lim;
- ввести переменную, по которой вычисляется предел, в левое поле ввода ниже lim;
- ввести значение предела в правое поле ввода ниже lim;
- заключить выражение в выделяющую рамку;
- нажать **[Shift] [F9]**.

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \left[\sqrt[3]{(x+1)^2} - \sqrt[3]{(x-1)^2} \right] \quad 0$$

$$\lim_{x \rightarrow e^+} \frac{e^x - 1}{x - e} \quad \infty$$

$$\lim_{x \rightarrow e^-} \frac{e^x - 1}{x - e} \quad -\infty$$

Символьное решение уравнений

Решение уравнения относительно переменной. Для этого:

- напечатайте уравнения, используя для ввода знака равенства символ = (вводится нажатием комбинаций клавиш **[Ctrl] [=]**);
- выделите переменную, относительно которой нужно решить уравнение;
- выберите функцию меню **Solve on Variable** (Решить относительно переменной)

Mathcad решит уравнение относительно выделенной переменной и вставит результат в рабочий документ. Если переменная возводилась в квадрат в первоначальном уравнении, при решении можно получить два ответа. Mathcad отображает их в виде вектора.

Можно решать неравенства, использующие символы $<$, $>$, \leq и \geq . Решения для неравенств будут отображаться в терминах булевых выражений Mathcad. Если имеется более одного решения, Mathcad помещает их в век-

$$\sin(3 \cdot x) = \cos(2 \cdot x) \quad \left[\begin{array}{c} \frac{1}{2} \cdot \pi \\ \frac{1}{10} \cdot \pi \\ \operatorname{asin}\left(\frac{-1}{4} - \frac{1}{4} \cdot \sqrt{5}\right) \end{array} \right]$$

$x^3 - 5 \cdot x^2 + 8 \cdot x - 4 > 0 \quad (x \neq 2) \cdot (1 < x)$
 тор. В Mathcad булево выражение типа $x < 2$ имеет значение 1, если оно истинно, и 0, - если оно ложно. Таким образом, решение « x - меньше, чем 2, и больше, чем -2», можно было бы представить выражением $(x < 2) \bullet (-2 < x)$.

Нахождение корней уравнения. Для этого:

- напечатать выражение;
- выделить в любом месте переменную, относительно которой уравнение решается;
- выбрать пункт **Solve on Variable** (Решить относительно переменной).

Обратите внимание, что никакой необходимости приравнять выражение нулю. Если Mathcad не находит знака равенства, он предполагает, что

$$3 \cdot x^2 - 5 \cdot x - 6 \quad \left[\begin{array}{c} \frac{5}{6} + \frac{1}{6} \cdot \sqrt{97} \\ \frac{5}{6} - \frac{1}{6} \cdot \sqrt{97} \end{array} \right] \quad 63$$

$$\sqrt{\left[1 + x \cdot \sqrt{(x^2 + 24)} \right]} - x - 1 \quad \left[\begin{array}{c} 0 \\ 5 \end{array} \right]$$

требуется приравнять выражение нулю.

Порядок выполнения работы

3. Войти в систему MathCAD. Внимательно ознакомиться с описанием лабораторной работы. Выполнить некоторые рассмотренные примеры. После завершения изучения описания удалить с листа рассмотренные примеры.

4. Выполнить средствами пакета MathCAD последовательность заданий из вариантов, указанных преподавателем, формируя единый документ. Каждую задачу обязательно сопровождать комментариями.

2.1 Выполнить задание из приложения А.

4.2 Выполнить задание из приложения Б.

4.3 Выполнить задание из приложения В.

4.4 Выполнить задание из приложения Г.

2.5 Выполнить задание из приложения Д.

2.6 Выполнить задание из приложения Е.

2.7 Выполнить задание из приложения Ж.

3. Оформить отчет.

Содержание отчета

1. Титульный лист.

2. Решение всех задач с комментариями.

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные возможности символьной математики.

2. Каким образом можно задать упрощение выражения ?

3. Каким образом можно получить значение числа π с точностью 25 знаков после запятой ?

- 4.Каким образом можно выполнить разложение по степеням переменной ?
- 5.Каким образом можно найти неопределенный интеграл от выражения ?
- 6.Каким образом можно решить уравнение ?

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Для вариантов 1-6 — упростить выражение; для вариантов 7-10 — разложить на множители выражение:

$$1. \frac{x}{x^2 + y^2} - \frac{y(x-y)^2}{x^4 - y^4}$$

$$2. \frac{x + \sqrt{x^2 - 4x}}{x - \sqrt{x^2 - 4x}} - \frac{x - \sqrt{x^2 - 4x}}{x + \sqrt{x^2 - 4x}}$$

$$3. \frac{n + 2 + \sqrt{n^2 - 4}}{n + 2 - \sqrt{n^2 - 4}} + \frac{n + 2 - \sqrt{n^2 - 4}}{n + 2 + \sqrt{n^2 - 4}}$$

$$4. \sqrt{\frac{x}{x-a^2}} \cdot \left(\frac{\sqrt{x} - \sqrt{x-a^2}}{\sqrt{x} + \sqrt{x-a^2}} - \frac{\sqrt{x} + \sqrt{x-a^2}}{\sqrt{x} - \sqrt{x-a^2}} \right)$$

$$5. \frac{x^{\frac{1}{2}} + 1}{x + x^{\frac{1}{2}} + 1} : \frac{1}{x^{1,5} - 1}$$

$$6. \sqrt{x^2 + 4x + 4} + \sqrt{x^2 - 2x + 1} + \sqrt{x^2 - 6x + 9}$$

$$7. a^4 + 4b^4$$

$$8. (x+1)(x+3)(x+5)(x+7) + 15$$

$$9. \sqrt[3]{a^2 b^4} + \sqrt[3]{b^2 c^4} + \sqrt[3]{a^4 c^2} - \left(\sqrt[3]{c^2 b^4} + \sqrt[3]{a^2 c^4} + \sqrt[3]{a^4 b^2} \right)$$

$$10. y^3(a-x) - x^3(a-y) + a^3(x-y)$$

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Найти пределы:

$$1. \lim_{x \rightarrow \infty} x^{\frac{3}{2}} \left(\sqrt{x^2 + 1} - \sqrt{x^2 - 1} \right).$$

$$2. \lim_{x \rightarrow 0} \frac{1 - \cos^2 x}{x \sin 2x}$$

$$3. \lim_{x \rightarrow \pi} \frac{1 - \sin \frac{x}{2}}{\cos \frac{x}{2} \left(\cos \frac{x}{4} - \sin \frac{x}{4} \right)}.$$

$$4. \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sqrt{1 + \sin x} - \sqrt{1 - \sin x}}{\operatorname{tg} x}$$

$$5. \lim_{x \rightarrow -1} \frac{\sqrt{\pi} - \sqrt{\arccos x}}{\sqrt{x + 1}}$$

$$6. \lim_{x \rightarrow \infty} \left(\frac{x^2 - 2x + 1}{x^2 - 4x + 2} \right)^x$$

$$7. \lim_{x \rightarrow 0} \frac{e^x - e^{-x}}{\sin x}$$

$$8. \lim_{x \rightarrow \infty} x^2 \left(1 - \cos \frac{1}{x} \right)$$

$$9. \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\ln \cos x}{x^2}$$

$$10. \lim_{x \rightarrow 0} \left(\frac{\sin x}{x} \right)^{\frac{\sin x}{x - \sin x}}$$

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Решить уравнения.

$$1. \sqrt{x} + \sqrt[4]{x} = 12$$

$$2. \sqrt{a^2 - x} + \sqrt{b^2 - x} = a + b$$

$$3. \frac{4}{x + \sqrt{x^2 + x}} - \frac{1}{x - \sqrt{x^2 + x}} = \frac{3}{x}$$

$$4. \frac{2}{2 + \sqrt{4 - x^2}} - \frac{1}{2 - \sqrt{4 - x^2}} = \frac{1}{x}$$

$$5. x^2 + 11 + \sqrt{x^2 + 11} = 42$$

$$6. \sqrt[3]{x} + 2\sqrt[3]{x^2} = 3$$

$$7. \sqrt{a + x} - \sqrt[3]{a + x} = 0$$

$$8. \sqrt{x + a} = a - \sqrt{x}$$

9. $\sqrt{2x+1} + \sqrt{x-3} = 2\sqrt{x}$

10. $\frac{\lg(35-x^3)}{\lg(5-x)} = 3$

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Решить тригонометрическое уравнение.

1. $\cos(\cos x) = \frac{\sqrt{3}}{2}$

2. $\sin x - \cos x = 4 \sin x \cos^2 x$

3. $2 \cos x - \cos \frac{3x}{2} = 1$

4. $\sin 3x + \sin 2x = m \sin x$

5. $\cos x^2 = \frac{1}{2}$

6. $16 \sin^5 x = \sin 5x + 5 \sin x$

7. $1 + \cos 6x = 32 \cos^6 x$

8. $\sin^6 x + \cos^6 x = a$

9. $\operatorname{tg}(x^2 - x) \operatorname{ctg} 2 = 1$

10. $|\operatorname{tg} x + \operatorname{ctg} x| = \frac{4}{\sqrt{3}}$

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Найти производную.

1. $y = \frac{x}{\sin x + \cos x}$

2. $z = \frac{1}{t^2 + t + 1}$

3. $y = \frac{2x^4}{b^2 - x^2}$

4. $y = \sqrt{\operatorname{tg} \frac{x}{2}}$

5. $y = e^{\frac{1}{\ln x}}$

6. $y = x^{\frac{1}{x}}$

7. $y = \frac{2 \cos x}{\sqrt{\cos 2x}}$

8. $y = x^3 \operatorname{arctg} x^3$

9. $y = x \sqrt{1+x^2} \sin x$

10. $y = 10^{x \operatorname{tg} x}$

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Найти неопределенный интеграл.

$$1. \int \frac{x dx}{\sqrt{2+4x}}$$

$$2. \int \frac{dx}{(2+x)\sqrt{1+x}}$$

$$3. \int e^x \sin^2 x dx$$

$$4. \int \frac{dx}{\sqrt{9x^2 - 6x + 2}}$$

$$5. \int \frac{x dx}{\sqrt{1+2x}}$$

$$6. \int \frac{dx}{(1+x^2)^4}$$

$$7. \int \frac{x dx}{x^3 - 1}$$

$$8. \int \frac{dx}{(x+1)^2(x^2+1)}$$

$$9. \int \sin^4 x dx$$

$$10. \int \frac{1 + \sin x}{1 - \sin x} dx$$

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

Найти определенный интеграл.

$$1. \int_1^{\sqrt{3}} \frac{\sqrt{1+x^2}}{x^2} dx$$

$$2. \int_0^1 \sqrt{(1-x^2)^3} dx$$

$$3. \int_0^a \frac{dx}{x + \sqrt{a^2 - x^2}}$$

$$4. \int_0^1 x^2 \sqrt{1-x^2} dx$$

$$5. \int_0^1 \frac{x^2 dx}{(1+x^2)^3}$$

$$6. \int_0^{-\ln 2} \sqrt{1-e^{2x}} dx$$

$$7. \int_3^8 \frac{x dx}{\sqrt{1+x}}$$

$$8. \int_0^1 \frac{\sqrt{x} dx}{1+x}$$

$$9. \int_0^{\pi} \sin^6 \frac{x}{2} dx$$

$$10. \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{dx}{2 \cos x + 3}$$

ПРИЛОЖЕНИЕ И

Разложить функцию в ряд Тейлора, ограничившись четырьмя членами ряда.

Построить в общей системе координат графики исходной функции и функции эквивалентной полученному ряду.

$$1. y = \sin \frac{\pi x}{4}$$

$$2. y = \frac{e^x + e^{-x}}{2}$$

$$3. y = x^2 e^x$$

$$4. y = \cos(x + \alpha)$$

$$5. y = e^x \sin x$$

$$6. y = \ln(1 + e^x)$$

$$7. y = e^{\cos x}$$

$$8. y = \cos^n x$$

$$9. y = -\ln \cos x$$

$$10. y = (1 + x)^x$$

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

« РЕШЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ СИМВОЛЬНЫМИ МЕТОДАМИ »

Список литературы

1. Дьяконов В.П., Абраменкова И.В. MathCAD 7.0 в математике, физике и в Internet: - М.: "Нолидж", 1998.- 352с.
2. Кирьянов Д.В. MathCAD 12. – Спб.:БХВ-Петербург, 2004.- 576 с.
3. Черняк А.А., Черняк Ж.А., Доманова Ю.А. Высшая математика на базе MathCAD. Общий курс. – Спб.:БХВ-Петербург, 2004.- 608 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Сообщения об ошибках в системе MATHCAD (часто встречающиеся у начинающих пользователей).

Ошибка	Перевод	Вероятная причина	Возможные пути устранения
1	2	3	4
Сообщения об ошибках в численных вычислениях			
Arguments in function definitions must be names	Аргументы в определениях функции должны быть именами	Выделенное определение функции содержит неправильный перечень аргументов	В списке аргументов должны быть правильно поименованы переменные или список имен необходимо отделить запятыми
A "Find" or "Minerr" must be preceded by a matching "Given"	Find или Minerr должны предваряться ключевым словом Given	Эта ошибка выделяет функцию Find или Minerr при их несогласованности с Given	Каждый вычислительный блок, который заканчивается функцией Find или Minerr, должен начинаться с ключевого слова Given
Can't evaluate this function when its argument less than or equal to zero	Невозможно вычислить эту функцию, когда ее аргумент меньше или равен нулю	Ошибка может заключаться в использовании неположительных данных на графиках, построенных в логарифмическом масштабе	Отрицательные числа и ноль не могут быть расположены на логарифмических осях. Смените тип осей графика или постройте его для других значений
Can't converge to a solution	Не сходится к решению	Численный метод расходится (не может найти решения)	Убедитесь, что операция не применяется к функции в области непосредственной близости точки ее сингулярности (деления на ноль). Попробуйте поменять параметры

			<p>численного метода (например, начальное приближение).</p> <p>Попробуйте увеличить константу TOL, т. е. осуществить поиск решения с худшей погрешностью.</p> <p>Попробуйте поменять численный алгоритм, если это возможно (вызвав контекстное меню нажатием на месте ошибки правой кнопки мыши)</p>
Could not find a solution	Невозможно найти решение	Численный метод расходится (не может найти решения)	См. "Can't converge to a solution"
Can't find the data file you're trying to use	Невозможно найти файл, который вы пытаетесь использовать	Невозможно найти файл данных или другой тип файла, к которому вы обращаетесь	Удостоверьтесь, что такой файл существует в указанном месте
Can't put a " := " inside a solve block.	Нельзя помещать " := " внутрь вычислительного блока	Внутри вычислительного блока не должно быть формулировки присваивания. Он должен содержать только булевы выражения	Используйте панель с булевыми операторами
Can't divide by zero	Деление на ноль невозможно	Где-то в программе или внутри численного метода возникло деление на ноль	Найдите место деления на ноль и устраните его. Попробуйте поменять параметры численного метода, константы точности или сам численный алгоритм
Invalid format	Недопустимый формат	Аргументы этой функции могут	Если вы работаете со встроенными

	мат	быть некорректны	функциями, то щелкните левой кнопкой мыши на имени функции и вызовите подсказку с помощью клавиши <P1>
Must be positive	Должен быть положительным	Невозможно вычислить функцию, когда ее значения меньше или равны нулю	Это сообщение может касаться построения X-Y или полярных графиков с логарифмическими осями. Отрицательные числа или ноль не могут располагаться на логарифмических осях
Must be real	Должно быть действительным	Это значение должно быть действительным. Его мнимая часть должна быть нулем	Примером таких выражений могут служить нижний и верхний индексы, решения дифференциальных уравнений, углы
No solution found	Не найдено решение		Если вы используете встроенные функции, то щелкните левой кнопкой мыши на имени функции и нажмите клавишу <F1> для того, чтобы быть уверенным в корректности использования функции. Однако решение может просто не существовать.
The expression to the left of the equal sign cannot be defined	Выражение слева от знака равенства не может быть определено	В левой части находится что-то, что не является допустимым определяемым выражением	В левой части можно разместить одно из следующих определений: <ul style="list-style-type: none"> • имя переменной;

	НО		<ul style="list-style-type: none"> • имя переменной с верхним или нижним индексом; • явный вектор или матрицу; • имя функции с аргументами $f(x,y)$. Любые другие выражение недопустимы
The number of rows and/or columns in these arrays do not match	Число рядов и/или столбцов в этих массивах не согласовано	Попытка произвести матричные или векторные операции над массивами, размеры которых не совпадают	Например, сложение двух матриц разного размера недопустимо. Матричное умножение требует, чтобы число столбцов первой матрицы совпадало с числом строк второй
The number of rows and/or columns in these arrays do not match	Число рядов и/или столбцов в этих массивах не согласовано	Попытка произвести матричные или векторные операции над массивами, размеры которых не совпадают	Например, сложение двух матриц разного размера недопустимо. Матричное умножение требует, чтобы число столбцов первой матрицы совпадало с числом строк второй
There is an extra comma in this expression	В выражении лишняя запятая		Запятые должны использоваться для того, чтобы отделять: <ul style="list-style-type: none"> • аргументы в функции; • первые два элемента области в определении интервала; • выражения в графике; • элементы во входной таблице; • нижние индексы в матрице. Любые другие применения запятой

			приводят к ошибке. Например, запись 4,000 неправильная, а запись 4 000 — правильная
This function has too many arguments	Функция имеет слишком много аргументов	Выделенное выражение содержит функцию с числом аргументов большим, нежели требуется	Проверьте правильность применения функции
This value must be a matrix	Значение должно быть матрицей	Попытка произвести матричную операцию не над матрицей	
This variable or function is not defined above	Переменная или функция не определена выше	Имя неопределенной функции будет помечено красным цветом	Удостоверьтесь, что эта функция или переменная определена выше. Это сообщение появится, если переменная некорректно используется в глобальном определении. Эта ошибка часто свидетельствует о том, что другое уравнение выше в документе является ошибкой. В этом случае все выражения, использующие выражение с ошибкой, будут помечены красным цветом
You have one solve block inside another. Every "Given" must have a matching "Find" or "Minerr"	Один вычислительный блок содержится внутри другого. Каждому ключевому слову Given должно сопос-	Указаны два ключевых слова Given подряд без Find или Minerr посередине. Вычислительный блок не может иметь внутри себя другой вычисли-	В качестве альтернативы можно задать функцию в терминах одного вычислительного блока и использовать ее внутри другого вычислительного блока. Во многих случаях

	тавляться Find или Minerr	тельный блок	это дает тот же самый эффект
Сообщения об ошибках в символьных вычислениях			
Expression contains nonsymbolic operators	Выражение содержит несимвольные операторы	Применена символьная операция к выражению, содержащему место за-полнители оператора или переменной	
Illegal function syntax	Недопустимый синтаксис функции	Символьный процессор не может интерпретировать выражение, подобное (f) (X)	
Invalid arguments	Недопустимые аргументы	Символьный процессор не может выполнить требуемую операцию для данных аргументов	Это сообщение появится, если, например, применить скалярную функцию к массиву без использования оператора векторизации и выбрать команду Symbolics / Simplify (Символика / Упростить)
Invalid range	Недопустимый интервал	Для поиска численного решения уравнения символьный процессор пытается вычислить одну из своих встроенных функций за пределами области ее определения	
No answer found; stack limit reached	Ответа не найдено	Символьный процессор достиг предела своих возможностей	

		без вычисления или упрощения, которое затребовал пользователь	
No answer found	Ответа не найдено	Символьный процессор не смог найти точного решения уравнения	
No closed form found for	Не найдено замкнутой формы для	Символьный процессор не смог найти интеграл, или сумму, или произведение в замкнутой форме	
Syntax error	Синтаксическая ошибка	Обычно результат применения символьной операции в неподходящих или некорректных выражениях. Символьные вычисления выражений с размерностями также приведут к появлению этого сообщения	

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Функция	Аргументы	Назначение
$a^*(z)$	z — аргумент	Обратная тригонометрическая или гиперболическая функция *
APPENDPRN (file)	file — строковое представление пути к файлу	Дозапись данных в существующий текстовый файл
arg(z)	z — аргумент функции	Аргумент комплексного числа
atan2 (x, y)	x, y — координаты точки	Угол, отсчитываемый от оси ox до точки (x, y)
augment (A,B,C, ...)	A, B, C, ... — векторы или матрицы	Слияние матриц слева направо
ceil (x)	x — аргумент	Наименьшее целое, не меньшее x
cols (A)	A — матрица или вектор	Число столбцов
$D^*(x, par)$	x — значение случайной величины par — список параметров распределения*	Плотность вероятности со статистикой распределения*
diag(v)	v — вектор	Диагональная матрица, на диагонали которой находятся элементы вектора
eigenvals (A)	A — квадратная матрица	Собственные значения матрицы
eigenvec (A,K)	A — квадратная матрица A — собственное значение	Собственный вектор матрицы, соответствующий заданному собственному значению
eigenvecs (A)	A — квадратная матрица	Собственные векторы матрицы
Find (x_1, x_2, \dots)	x_1, x_2, \dots — переменные	Возвращает корень алгебраического уравнения (скаляр) или системы (вектор), определенных в блоке с ключевым словом Given
floor (x)	x — аргумент	Наибольшее целое число, меньшее или равное x

geninv (A)	A — матрица	Создание обратной матрицы
Given		Ключевое слово для ввода систем уравнений, неравенств и т. п.
identity(N)	N — размер матрицы	Создание единичной матрицы
icfft(v), ICFFT(v)	v — вектор частотных данных Фурье-спектра cond — логическое условие	Вектор комплексного обратного преобразования Фурье (в разных нормировках)
if (cond,x,y)	x, y — значения, возвращаемые, если условие верно (ложно)	Функция условия
Im(z)	z — аргумент	Мнимая часть комплексного числа
interp (s,x,y,t)	s — вектор вторых производных x, y — векторы данных t — аргумент	Сплайн-интерполяция
length (v)	v — вектор	Число элементов вектора
line(x,y)	x, y — векторы данных	Вектор из коэффициентов линейной регрессии $b+ax$
ln(z)	z — аргумент	Натуральный логарифм
log(z)	z — аргумент	Десятичный логарифм
log(z, b)	z — аргумент	Логарифм z по основанию b
Isolve (A,b)	A — матрица СЛАУ b — вектор правых частей	Решение системы линейных уравнений (СЛАУ)
matrix (M,N,f)	m — количество строк N — количество столбцов f (i, j) — функция	Создание матрицы с элементами f (i, j)
Minerr (X1, x2, ...)	x1,x2, . . . — переменные	Возвращает вектор приближенного решения системы уравнений и неравенств, определенных в блоке с ключевым словом Given
p* (x,par)	x — значение случайной вели-	Функция распределения со статистикой*

	чины	
	par — список параметров распределения*	
polyroots (v)	v — вектор, составленный из коэффициентов полинома	Возвращает вектор всех корней полинома
	p — значение вероятности	
q* (p,par)	par — список параметров распределения*	Квантиль (функция, обратная функции распределения) со статистикой*
rank (A)	A — матрица	Ранг матрицы
Re(z)	z — аргумент	Действительная часть комплексного числа
	f (x, . . .) — функция	
root (f (x, . . .) ,x[a, b])	x — переменная (a , b) — интервал поиска корня	Возвращает корень функции
rows (A)	A — матрица или вектор	Число строк
sign(x)	x — аргумент	Знак числа
signum(z)	z — аргумент	Комплексный знак числа z/ Ы
stack (A, B,C, . . .)	A, B, C, . . . — векторы или матрицы	Слияние матриц сверху вниз
str2num(S)	s — строка	Преобразование строкового представления в действительное число
str2vec(S)	s — строка	Преобразование строкового представления в вектор ASCII-кодов
strlen(S)	s — строка	Количество знаков в строке
tr(A)	A — квадратная матрица	След матрицы
trunc (x)	x — аргумент	Целая часть числа
vec2str (v)	v — вектор ASCII-кодов	Строковое представление элементов вектора v

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа №1 Решения простейших задач средствами MathCAD.	
Лабораторная работа №2 Численные методы решения уравнений и систем уравнений. Построение графиков в среде MathCAD.	
Лабораторная работа №3 Работа с файлами, использование условных функций и программирование в среде MathCAD.	
Лабораторная работа №4 Символьные вычисления.	
Лабораторная работа №5 Решение дифференциальных уравнений символьными методами	
Список литературы	
ПРИЛОЖЕНИЕ А Сообщения об ошибках в системе MATHCAD (часто встречающиеся у начинающих пользователей).	
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Некоторые функции MathCAD.	