

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Баламирзаев Азамат Исраилович  
Должность: И.о. ректора  
Дата подписания: 21.08.2023 02:39:13  
Уникальный программный ключ:  
2a04bb882d7edb7f479cb266eb4aaaaedebeea849

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
**ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет»**

**Учебно-методические указания**  
**к выполнению практических работ №1-№8**  
**по дисциплине «Введение в профессию» для студентов**  
**по направлению бакалавриата 01.03.02 «Прикладная математика и**  
**информатика» профиль подготовки «Системное программирование и**  
**компьютерные технологии».**

УДК 681.3.06(072)

Учебно-методические указания к выполнению практических работ №1-№8 по дисциплине «Введение в профессию» для студентов по направлению бакалавриата 01.03.02 «Прикладная математика и информатика» профиль подготовки «Системное программирование и компьютерные технологии». –Махачкала: ИПЦ ДГТУ, 2021.-36с.

Учебно-методические указания подготовлены в соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования.

Учебно-методические указания содержат описания практических работ по темам:

1. Основы проектирования структуры БД.
2. Создание однотобличной базы данных. Заполнение базы данных.
3. Создание новых таблиц. Создание схемы данных.
4. Ввод и просмотр данных посредством формы. Создание многотобличной формы
5. Формирование запросов на выборку.
6. Создание сводных таблиц и диаграмм.
- 7-8. Создание и настройка отчетов.

Каждая практическая работа содержит теоретический материал и практическую часть.

Составители: ст. преподаватель кафедры «Прикладной математики и информатики» Алиосманова О.А.

Рецензент:

Зав. кафедрой «ПОВТ и АС» ДГТУ, к.э.н., доцент Т.Г.Айгумов

Ведущий научный сотрудник лаборатории комплексного освоения возобновляемых источников энергии Института проблем геотермии и возобновляемой энергетики – филиала ОИВТ РАН, д.т.н. Д.Н. Кобзаренко

Печатается согласно постановлению  
Ученого совета Дагестанского государственного технического университета  
от \_\_\_\_\_ 2021 г.

## Оглавление

Практическое занятие № 1. Основы работы с MATLAB .....	4
Индивидуальное задание.....	7
Практическое занятие № 2. Операции с векторами и матрицами в системе MATLAB .....	8
Индивидуальное задание.....	11
Практическое занятие № 3. Программирование в среде MATLAB.....	12
Индивидуальное задание.....	17
Практическое занятие № 4. Работа с графикой средствами MATLAB .....	19
Индивидуальное задание.....	24
Практическое занятие № 5. Примеры использования MathCAD .....	25
Индивидуальные задания .....	30
Практическое занятие № 6. Определение и вычисление значения функции в точке .....	31
Индивидуальное задание.....	32
Практические занятия № 7- 8. Решение задач элементарной математики в MathCAD .....	33
Список литературы .....	38

## Практическое занятие № 1. Основы работы с MATLAB

*Цель занятия:* изучение интерфейса пользователя системы MATLAB и основ работы с системой в режиме прямых вычислений.

### 1.1 Основные теоретические сведения

Исторически MATLAB разрабатывался как диалоговая среда для матричных вычислений (MATrix LABoratory). Со временем пакет был оснащен хорошей графической системой, дополнен средствами компьютерной алгебры от Maple и усилен библиотеками команд (или Toolboxes), предназначенными для эффективной работы со специальными классами задач.

В состав MATLAB входят интерпретатор команд, графическая оболочка, редактор-отладчик, библиотеки команд, компилятор, символьное ядро пакета Maple для проведения аналитических вычислений, математические библиотеки MATLAB на C/C++, генератор отчетов и богатый инструментарий (Toolboxes).

Интерфейс MATLAB вполне отвечает современным канонам (см. рисунок 1.1). Он многооконный и имеет ряд средств прямого доступа к различным компонентам системы. Следует обратить внимание на следующие кнопки панели инструментов:

- New M-file** — выводит пустое окно редактора m-файлов;
- Open file** — открывает окно для загрузки файлов Matlab;
- Simulink** — открывает окно браузера библиотек Simulink;
- Help** — открывает окно справки.

Эти функции дублируются в очень простом меню системы MATLAB.

В левой части окна системы появились окна со вкладками **Launch Pad/Workspace** доступа к компонентам системы и вкладками текущей директории **Current Directory** и истории сессии **History**. Они обеспечивают оперативный контроль за состоянием системы. Выводимые на экран окна интерфейса MATLAB могут быть включены или отключены из пункта меню View.

Вся работа организуется через командное окно (**Command Window**), которое появляется при запуске программы. В процессе работы данные располагаются в памяти (**Workspace**) в виде матриц.

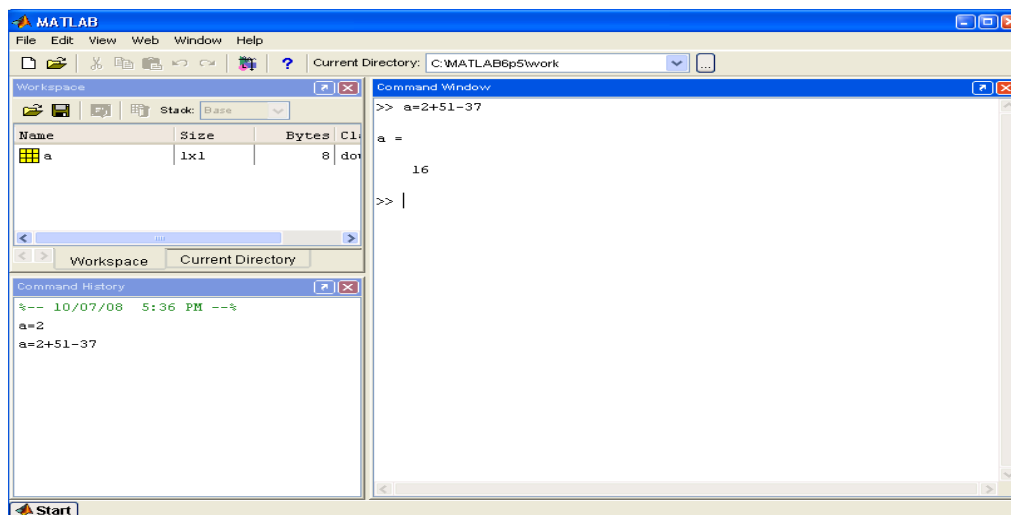


Рисунок 1.1 – Интерфейс программы MATLAB

Все расчеты в MATLAB выполняются с двойной точностью, а для представления чисел на экране имеются разные форматы. Нужный формат может быть определен в меню (**File/Preferences**) либо при помощи команды **format**. Существуют следующие способы представления чисел (табл.1.1).

Таблица 1.1 Форматы вывода на экран

Формат	Представление
short	Число отображается с 4 цифрами после десятичной точки или в формате short e
short e	Число в экспоненциальной форме с мантиссой из 5 цифр и показателем из 3 цифр

rat	Представление в виде рационального дробного числа
long	Число с 16 десятичными цифрами
long e	Число в экспоненциальной форме с мантисой из 16 цифр и показателем из 3 цифр
hex	Число в шестнадцатеричной форме

Переменные в MATLAB не нужно предварительно описывать, указывая их тип. Все данные хранятся в виде массивов: числовые переменные (внутренний тип numeric), текстовые строки (char), ячейки (cell) и структуры (struct). Двумерный массив – это матрица, одномерный – вектор, а скаляр – матрица размера 1x1. Имя переменной должно начинаться с буквы, за ней могут идти буквы, цифры и символ подчеркивания. Допустимы имена любой длины, но MATLAB идентифицирует их по первым 31 символу и различает большие и малые буквы. В MATLAB имеется ряд констант (табл. 1.2).

Таблица 1.2 Зарезервированные имена констант

Имя	Описание
ans	Результат последней операции
i, j	Мнимая единица
pi	Число $\pi$
eps	Машинная точность
realmax	Максимальное вещественное число
realmin	Минимальное вещественное число
inf	Бесконечность
NaN	Нечисловая переменная
end	Наибольшее значение индекса размерности массива

Отметим, что имя NaN (Not-a-Number) зарезервировано для результата операций  $0/0$ ,  $0*\text{inf}$ ,  $\text{inf}-\text{inf}$  и т.п.

Таблица 1.3 Специальные символы

Символ	Назначение
[ ]	Квадратные скобки используются при задании матриц и векторов
	Пробел служит для разделения элементов матриц
,	Запятая применяется для разделения элементов матриц и оператора в строке ввода
;	Точка с запятой отделяет строки матриц, а точка с запятой в конце оператора (команды) отменяет вывод результата на экран
:	Двоеточие используется для указания диапазона (интервала изменения величины) и в качестве знака групповой операции над элементами матриц
()	Круглые скобки применяются для задания порядка выполнения математических операций, а также для указания аргументов функций и индексов матриц
.	Точка отделяет дробную часть числа от целой его части, а также применяется в составе комбинированных знаков (.*, .^, ./, .\)
...	Три точки и более в конце строки отмечают продолжение выражения на следующей строчке
%	Знак процента означает начало комментария
'	Апостроф указывает на символьные строки, а для включения самого апострофа в символьную строку нужно поставить два апострофа подряд

В командном окне в режиме диалога проводятся вычисления. Пользователь вводит команды или запускает на выполнение файлы с текстами на языке MATLAB. Интерпретатор обрабатывает введенное значение и выдает результаты: числовые и строковые данные, предупреждения и сообщения об ошибках. Строка ввода помечена знаком `>>`.

При работе с MATLAB в командном режиме действует простейший строчный редактор. Обратите особое внимание на применение клавиш **Up** и **Down** (стрелки курсора "Вверх" и "Вниз"). Они используются для подстановки после маркера строки ввода `>>` ранее введенных

строк из специального стека, например, для их исправления, дублирования или дополнения. При этом указанные клавиши обеспечивают перелистывание ранее введенных строк снизу вверх или сверху вниз.

Имена переменных должны начинаться с буквы. Знак = соответствует операции присваивания. Нажатие клавиши *Enter* заставляет систему вычислить выражение и показать результат. Если запись оператора не заканчивается символом «;», то результат выводится в командное окно, в противном случае – не выводится. Если оператор не содержит знака присваивания «=», то значение результата присваивается системной переменной *ans* (см. рисунок 1.2).

Все значения переменных, вычисленные в течение текущего сеанса работы, сохраняются в специально зарезервированной области памяти компьютера, называемой рабочим пространством системы MATLAB (**Workspace**).

Для просмотра значения любой переменной из текущего рабочего пространства системы достаточно набрать ее имя и нажать клавишу *Enter*.

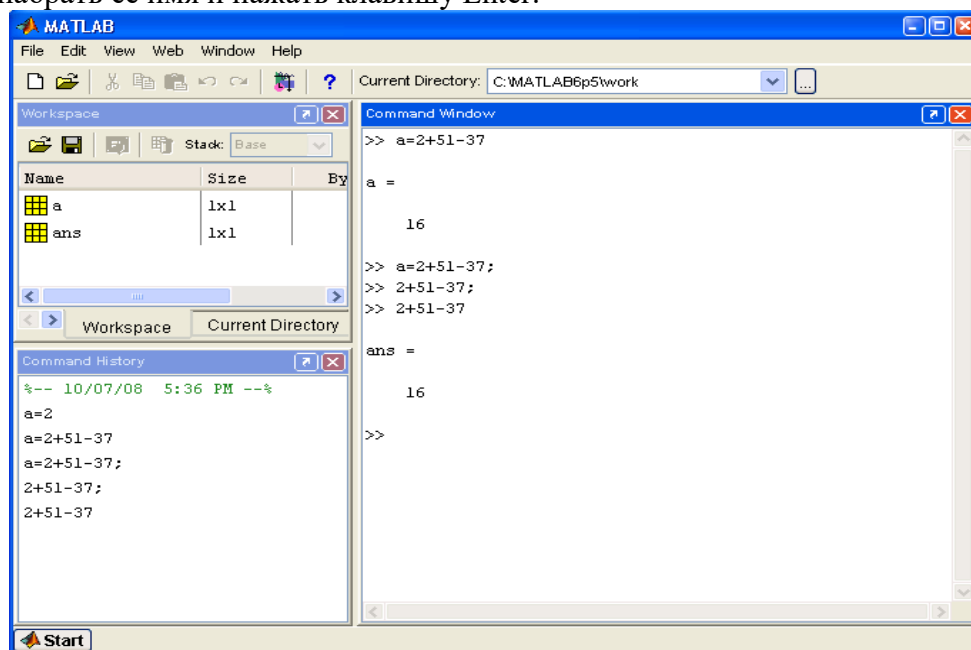


Рисунок 1.2 – Демонстрация выполнения команды присваивания

После окончания сеанса работы с системой MATLAB все ранее вычисленные переменные теряются. Чтобы сохранить в файле на диске компьютера содержимое рабочего пространства системы MATLAB, нужно выполнить команду меню *File \Save Workspace As ...*. По умолчанию расширение имени файла *mat*, поэтому такие файлы принято называть МАТ-файлами.

Система MATLAB работает как с действительными, так и с комплексными числами. Перед использованием операций с комплексными числами необходимо определить переменную  $i = \text{sqrt}(-1)$  или  $j = \text{sqrt}(-1)$ . В арифметических выражениях применяются следующие знаки операций:

- + , - – сложение, вычитание,
- \* – умножение,
- / – деление слева направо;
- \ – деление справа налево;
- ^ – возведение в степень.

Система MATLAB позволяет вычислять различные математические функции. Следующие элементарные алгебраические функции имеют в качестве аргумента одно или два действительных ( $x, y$ ) или одно комплексное ( $z$ ) число (табл. 1.4).

Таблица 1.4 Элементарные алгебраические функции

Функция	Описание
<b>abs(z), abs(x),</b>	Вычисление модуля комплексного числа $z$ или абсолютного значения действительного числа $x$ .
<b>angle(z)</b>	Вычисление аргумента $z$ .

<b>sqrt(z), sqrt(x)</b>	Вычисление квадратного корня чисел $z$ и $x$
<b>real(z)</b>	Вычисление действительной части комплексного числа $z$ .
<b>imag(z)</b>	Вычисление мнимой части комплексного числа $z$ .
<b>round(x)</b>	Округление до целого.
<b>fix(x)</b>	Округление до ближайшего целого в сторону нуля.
<b>rem(x, y)</b>	Вычисление остатка от деления $x$ на $y$ .
<b>exp(z)</b>	Вычисление $e$ в степени $x$ .
<b>log(z)</b>	Вычисление натурального логарифма числа $x$ .
<b>log10(z)</b>	Вычисление десятичного логарифма числа $x$ .

Система MATLAB предоставляет возможности для вычисления следующих тригонометрических и обратных тригонометрических функций переменной  $x$  (табл.1.5).

Таблица 1.5 Тригонометрических функций

Функция	Описание
<b>sin(x)</b>	Вычисление синуса
<b>cos(x)</b>	Вычисление косинуса
<b>tan(x)</b>	Вычисление тангенса
<b>asin(x)</b>	Вычисление арксинуса
<b>acos(x)</b>	Вычисление арккосинуса
<b>atan(x)</b>	Вычисление арктангенса
<b>atan2(y, x)</b>	Вычисление арктангенса по координатам точки

### 1.2 Индивидуальное задание

1. В командном окне задать значения переменных, согласно варианту задания, представленному в таблице 1.6.

2. Записать выражение на языке MATLAB.

Таблица 1.6 Варианты заданий

№	Выражение	Переменные
1	$y = \sin \frac{a-x}{c} + 10^4 \sqrt[3]{\frac{a-kx^2}{2b}} + \frac{\cos kx^2}{\operatorname{tg} 3} - \frac{bc}{ax}$	$a = -1.3; b = 0.91;$ $c = 0.75; x = 2.32; k = 8.$
2	$y = -\frac{(x-d)(x^2+b^2)}{\sqrt[3]{x^2+b^2}-cd} + 10^{-3} \operatorname{tg} kn - \frac{\cos kx}{\sin 5}.$	$d = 1.25; b = 0.75; n = 4;$ $c = 2.2; x = 0.32; k = 2.$
3	$y = \operatorname{tg} ik + 10^3 e^{-5} + \sqrt[3]{\frac{10^2  xk }{(a+b)^2}} - \frac{ax^3 - b}{(a+b)^2}.$	$i = 5; b = 2.35;$ $a = 25.2; x = 0.1; k = -2.$
4	$y = \frac{\sqrt{ c-d  + (a+c)^2}}{\sin 2i} + 10^{-3} e^{ix} - \frac{ c-d  + a^2}{\sqrt[3]{(a+c)^2}}.$	$a = -1.25; d = 2.5; i = 5;$ $c = 0.05; x = 1.35.$
5	$y = \frac{\ln  kx }{\sin 7} - \sqrt{ x-a^2 } - \frac{10^4 a - b}{\cos kx} + \sqrt[3]{x-a^2} + c^3 x.$	$a = 0.93; b = 5.61;$ $c = 0.31; x = -2.5;$ $k = 2.$
6	$y = 10^4 \frac{ax}{b^2} - \left  \frac{a-b}{kx} \right  + \frac{\ln 3}{\sqrt[3]{ax^2 + b^2}} - e^{-kx}$	$b = 0.35;$ $a = 3.5; x = 1.523; k = -2.$
7	$y = -\frac{ b-a }{kx} + 10^4 \sqrt[5]{ \cos kx } + \sqrt{\frac{abc}{2.4}} - \frac{0.7abc}{\sin 7}.$	$a = 1.7; b = -1.25;$ $c = -0.3; x = 2.5; k = 3.$

8	$y = \frac{ a^2 - b^2 }{\sin kx} + 10^4 \sqrt[5]{ \sin kx - bc } - \frac{k^2 + \operatorname{tg} 3k}{e^{kx}}$	$a = 1.3; b = 2.42;$ $c = 0.83; x = 1.5;$ $k = 2.$
9	$y = \frac{\sqrt[3]{\ln x + a^2}}{0.47x^2} - \left  0.47x^2 - \frac{10^4}{7} \cos^2 k \right  - \frac{c}{x}$	$c = 1.52;$ $a = -2.4; x = 0.29; k = 3.$
10	$y = \frac{1.5(a-b)^2}{ a-b c} + \frac{i}{5} + 10^3 \sqrt{ a-b } - \frac{(a+x^2)\cos 7}{ix^2 + a^2bc}$	$a = -2.5; b = 1.35; i = 3;$ $c = -0.72; x = 2.75.$

### 1.3 Контрольные вопросы

1. Для чего служит команда HELP?
2. Перечислите основные команды MATLAB для работы в режиме прямых вычислений.
3. С помощью какой команды устанавливается формат чисел?
4. Перечислите основные системные переменные MATLAB.
5. Приведите примеры математических функций системы MATLAB.

## Практическое занятие № 2. Операции с векторами и матрицами в системе MATLAB

*Цель занятия:* изучение реализации средствами системы MATLAB основных операций с векторами и матрицами.

### 2.1 Основные теоретические сведения

По умолчанию все числовые переменные в MATLAB считаются матрицами, так что скалярная величина есть матрица первого порядка, а векторы являются матрицами, состоящими из одного столбца или одной строки. Матрицу можно ввести, задав ее элементы или считав данные из файла, а также в результате обращения к стандартной или написанной пользователем функции.

Матричные данные размещаются в памяти последовательно по столбцам. Элементы матрицы в пределах строки отделяются пробелами или запятыми. Непосредственное задание матрицы можно осуществить несколькими способами. Например, вектор-столбец, то есть матрица, вторая размерность которой равна единице, может быть присвоена переменной *A* вводом одной строки:

```
>> A=[7+4i; 4; 3.2]           % Ввод вектора-столбца
A =
 7.0000 + 4.0000i
 4.0000
 3.2000
```

или вводом нескольких строк

```
>> A = [           % ввод вектора по строкам
7+4i
4
3.2];
```

Векторы могут быть сформированы как диапазоны – при помощи двоеточий, разделяющих стартовое значение, шаг и предельное значение. Если величина шага отсутствует, то по умолчанию его значение равно единице.

В результате *n:m:k* будет сформирован вектор, последний элемент которого не больше *k* для положительного шага *m*, и не меньше – для отрицательного:  $[n, n+m, n+m+m, \dots]$

Например:

```
>> a=1:2:5
a =
 1 3 5
```

Задание диапазона используется также при организации цикла.



В таблице 2.1 представлен некоторый набор функций для создания матриц специального вида.

Таблица 2.1. Функции описания матриц

Функция	Описание
<b>eye(m,n)</b>	Единичная матрица размерности $m \times n$
<b>zeros(m,n)</b>	Нулевая матрица размерности $m \times n$
<b>ones(m,n)</b>	Матрица, состоящая из одних единиц размерности $m \times n$
<b>rand(m,n)</b>	Возвращает матрицу случайных чисел равномерно распределенных в диапазоне от 0 до 1, размерность $m \times n$
<b>randn(m, n)</b>	Возвращает матрицу размерности $m \times n$ , состоящих из случайных чисел, имеющих гауссовское распределение
<b>tril(A), triu(A)</b>	Выделение нижней треугольной и верхней треугольной частей матрицы $A$
<b>inv(A)</b>	Нахождение обратной матрицы $A$
<b>det(A)</b>	Нахождение определителя (детерминанта) квадратной матрицы $A$

Обращение к элементу матрицы производится по правилу, – в круглых скобках после имени матрицы даются индексы, которые должны быть положительными целыми числами, указывающими номер строки и через запятую, номер столбца. Например,  $A(2,1)$  означает элемент из второй строки первого столбца матрицы  $A$ .

Для дальнейших примеров введем матрицу  $2 \times 2$ :

```
>> A=[1 2+5*i; 4.6 3]
```

```
A =
```

```
1.0000      2.0000 + 5.0000i
4.6000      3.0000
```

Чтобы изменить элемент матрицы, ему нужно присвоить новое значение:

```
>> A(2,2)=10      % Второй элемент второй строки
```

```
A =
```

```
1.0000      2.0000 + 5.0000i
4.6000     10.0000
```

Размер матрицы можно уточнить по команде **size**, а результат команды **size** можно использовать для организации новой матрицы.

Например, нулевая матрица того же порядка, что и матрица  $A$ , будет сформирована по команде

```
>> A2=zeros(size(A))
```

```
A2 =
```

```
0  0
0  0
```

С помощью двоеточия легко выделить часть матрицы. Например, вектор из первых двух элементов второго столбца матрицы  $A$  задаётся выражением:

```
>> A(1:2, 2)
```

```
ans =
```

```
2.0000 + 5.0000i
10.0000
```

Двоеточие само по себе означает строку или столбец целиком. Для удаления элемента вектора достаточно присвоить ему пустой массив – пару квадратных скобок []. Чтобы вычеркнуть одну или несколько строк (столбцов) матрицы нужно указать диапазон удаляемых строк (столбцов) для одной размерности и поставить двоеточие для другой размерности. Для нахождения длины вектора можно воспользоваться также командой **length**.

Набор арифметических операций в MATLAB для работы с матрицами состоит из стандартных операций сложения – вычитания, умножения – деления, операции возведения в степень и дополнены специальными матричными операциями (табл.2.2). Если операция

применяется к матрицам, размеры которых не согласованы, то будет выведено сообщение об ошибке.

Для поэлементного выполнения операций умножения, деления и возведения в степень применяются комбинированные знаки (точка и знак операции). Например, если за матрицей стоит знак (^), то она возводится в степень, а комбинация (.^) означает возведение в степень каждого элемента матрицы. При умножении (сложении, вычитании, делении) матрицы на число соответствующая операция всегда производится поэлементно.

Таблица 2.2 Знаки операций

Символ	Назначение
+,-	Символы плюс и минус обозначают знак числа или операцию сложения и вычитания матриц, причем матрицы должны быть одной размерности
*	Знак умножения обозначает матричное умножение, для поэлементного умножения матрицы применяется комбинированный знак (.*)
'	Апостроф обозначает операцию транспонирования (вместе с комплексным сопряжением), транспонирование без вычисления сопряжения обозначается при помощи комбинированного знака (.)'
/	Левое деление
\	Правое деление
^	Оператор возведения в степень, для поэлементного возведения в степень применяется комбинированный знак (.^)

Проиллюстрируем различие обычного и поэлементного умножений при помощи следующего примера.

Введём матрицу  $H$  размера  $2 \times 2$  и матрицу  $D$  из единиц той же размерности:

```
>> H=[0 1; 2 3], D=ones(size(H))
```

```
H =
```

```
0 1
2 3
```

```
D =
```

```
1 1
1 1
```

Перемножим матрицы, используя обычное умножение:

```
>> H*D
```

```
ans =
```

```
1 1
5 5
```

Теперь применим поэлементную операцию:

```
>> H.*D
```

```
ans =
```

```
0 1
2 3
```

Система MATLAB имеет ряд функций, предназначенных для обработки данных, заданных в матричной или векторной форме (таблица 2.3).

Таблица 2.3 Функции для работы с матрицами

Функция	Описание
<b>size(A)</b>	Возвращает массив, состоящий из числа строк и числа столбцов матрицы.
<b>sum(A)</b>	Возвращает сумму всех элементов по столбцу
<b>mean(A)</b>	Возвращает среднее значение столбца матрицы
<b>std(A)</b>	Возвращает среднеквадратическое отклонение столбца матрицы

<b>min(A), max(A)</b>	Возвращает минимум и максимум соответственно, по столбцу матрицы
<b>sort(A)</b>	Сортирует столбец матрицы по возрастанию
<b>prod(A)</b>	Вычисляет произведение всех элементов столбцов

Символы и текстовые строки в MATLAB вводятся при помощи простых кавычек. Во внутреннем представлении символы даны целыми числами. Конвертировать массив символов в числовую матрицу позволяет команда **double**. Обратная операция совершается по команде **char**. Печатаемые символы из стандартного набора ASCII представлены числами от 32 до 255.

Приведем примеры для данных команд. Вначале введем строку:

```
>> s = 'Привет'
```

```
s =
```

```
Привет
```

Отметим, что для ввода русских букв следует выбрать в меню File/ Preferences/ Command Windows Font шрифт с русской кодировкой.

```
>> h = [v + ' от MATLAB']
```

```
v =
```

```
Привет от MATLAB
```

Тот же результат получится, если вместо переменной *v* использовать строковую переменную *s*.

Для перевода численных данных в строковые переменные имеется ряд команд преобразования. В таблице 2.4 приведены некоторые функции для этих и обратных операций, а полный список можно получить по команде **help strfun**.

Таблица 2.4 Функции работы со строковыми переменными

Функция	Действие
<b>num2str</b>	Перевод числа в строку
<b>int2str</b>	Перевод целого числа в строку
<b>mat2str</b>	Преобразование матрицы в строку
<b>str2mat</b>	Объединение строк в матрицу
<b>str2num</b>	Преобразование строки в число
<b>strcat</b>	Объединение строк

## 2.2 Индивидуальное задание

1. Ввод с клавиатуры векторов и матриц.

Ввести:

- произвольную вектор-строку (*v*), размерность 2;
- произвольный вектор-столбец (*w*), размерность 2;
- произвольную матрицу (*m*), размерности 2×2.

2. Генерация матриц специального вида.

Создать:

- матрицу с нулевыми элементами (*m0*), размерности 2×2;
- матрицу с единичными элементами (*m1*), размерности 2×2;
- матрицу с элементами, имеющими случайные значения (*mr*), размерности 2×2;
- матрицу с единичными диагональными элементами (*me*), размерности 2×2.

3. Вычисление матрицы *M* по формуле, представленной в таблице 2.5.

4. Изучение функций обработки данных:

- определение числа строк и столбцов матрицы *M*;
- определение максимального элемента матрицы *M*;
- определение минимального элемента матрицы *M*;
- суммирование элементов матрицы *M*;
- перемножение элементов матрицы *M*.

Таблица 2.5 Варианты заданий

№ варианта	Задание	№ варианта	Задание
1	$M=v*w+m+mr*me$	6	$M=m*w+mr*v'$
2	$M=m+mr*me$	7	$M=m*mr+w*v$
3	$M=(v/m)*(mr+me)$	8	$M=m+mr-100$
4	$M=w*v+mr*me$	9	$M=v'+w+mr*w$
5	$M=m*mr+me$	10	$M=m+m1'*me'$

### 2.3 Контрольные вопросы

1. Как осуществляется ввод вектора–строки?
2. Как осуществляется ввод вектора–столбца?
3. Как осуществляется ввод матрицы?
4. Для чего служат команды zeros, ones, rand, eye?
5. Как определяется число строк и столбцов матрицы?
6. Какие операции служат для определения минимального и максимального элемента матрицы?

### Практическое занятие № 3. Программирование в среде MATLAB

**Цель занятия:** ознакомиться с операциями отношения, логическими операциями и условными операторами, приобрести навыки их использования при разветвленных вычислениях.

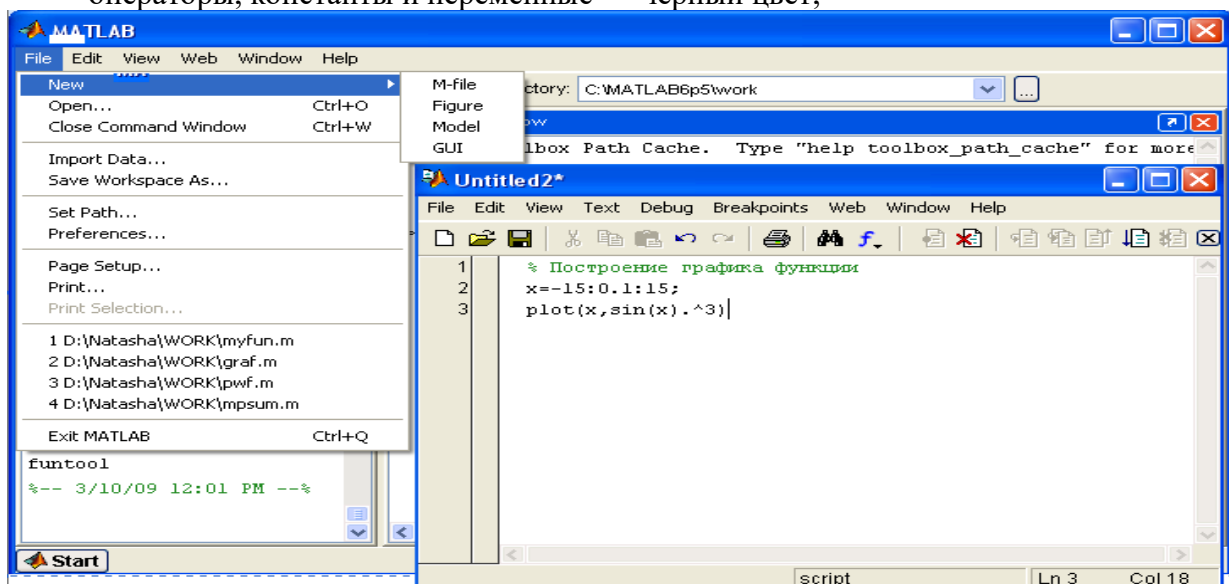
#### 3.1 Основные теоретические сведения

В MATLAB особое значение имеют файлы двух типов — с расширениями .mat и .m. Первые являются бинарными файлами, в которых могут храниться значения переменных, вторые представляют собой текстовые файлы, содержащие внешние программы, определения команд и функций системы. Именно к ним относится большая часть команд и функций, в том числе задаваемых пользователем для решения своих специфических задач.

Многооконный редактор–отладчик с пустым окном редактирования *m-файлов* можно вызвать командой **Edit** из командной строки или командой меню **File > New > M-file** (рисунок 3.1).

После этого в окне редактора можно создать свой файл, а также пользоваться средствами его отладки и запуска. Для запуска файла его необходимо записать на диск, используя команду **Save as** в меню **File** редактора. Редактор–отладчик *m-файлов* выполняет синтаксическую проверку программного кода по мере ввода текста. При этом используется следующее цветовое выделение:

- ключевые слова языка программирования — синий цвет;
- операторы, константы и переменные — черный цвет;



### Рисунок 3.1– Многооконный редактор–отладчик

- комментарии после знака % — зеленый цвет;
- символные переменные (в апострофах) — коричневый цвет;
- синтаксические ошибки — красный цвет.

Благодаря цветовому выделению вероятность синтаксических ошибок резко снижается

M–файлы, создаваемые редактором–отладчиком, делятся на два класса: файлы–сценарии, не имеющие входных параметров и файлы–функции, имеющие входные параметры. Файл–сценарий, именуемый также *script–файлом*, является просто записью серии команд без входных и выходных параметров. Он имеет следующую структуру:

```
%Основной комментарий  
%Дополнительный комментарий  
Тело файла с любыми выражениями
```

Важны следующие свойства файлов – сценариев:

- 1) они не имеют входных и выходных аргументов;
- 2) работают с данными из рабочей области;
- 3) в процессе выполнения не компилируются;
- 4) представляют собой зафиксированную в виде файла

последовательность операций, полностью аналогичную той, что используется в сессии.

Рассмотрим следующий файл–сценарий (рис. 3.2):

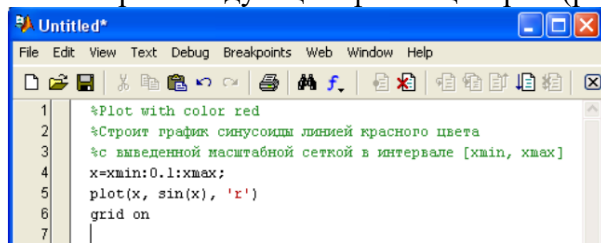


Рисунок 3.2 – Создание файла–сценария в MATLAB

Первые три строки здесь — это комментарий, остальные — тело файла. Обратите внимание на возможность задания комментария на русском языке. Знак % в комментариях должен начинаться с первой позиции строки. Необходимо отметить, что такой файл нельзя запустить без предварительной подготовки, сводящейся к заданию значений переменным *xmin* и *xmax*, использованным в теле файла. Это следствие первого свойства файлов–сценариев — они работают с данными из рабочей области. Имена файлов–сценариев нельзя использовать в качестве параметров функций, поскольку файлы–сценарии не возвращают значений. Можно сказать, что файл–сценарий — это простейшая программа на языке программирования MATLAB.

M–файл–функция является типичным объектом языка программирования системы MATLAB. Одновременно он является полноценным модулем с точки зрения структурного программирования, поскольку содержит входные и выходные параметры и использует аппарат локальных переменных. Структура такого модуля с одним выходным параметром выглядит следующим образом:

```
function var = f_name(Список_параметров)  
%Основной комментарий  
%Дополнительный комментарий  
Тело файла с любыми выражениями  
var=выражение
```

M–файл–функция имеет следующие свойства:

- 1) он начинается с объявления *function*, после которого указывается имя переменной *var* — выходного параметра, имя самой функции *f\_name* и список ее входных параметров;

2) функция возвращает свое значение и может использоваться в математических выражениях;

3) все переменные, имеющиеся в теле файла-функции, являются локальными, т. е. действуют только в пределах тела функции;

4) файл-функция является самостоятельным программным модулем, который общается с другими модулями через свои входные и выходные параметры;

5) правила вывода комментариев те же, что у файлов-сценариев;

6) при обнаружении файла-функции он компилируется и затем исполняется, а созданные машинные коды хранятся в рабочей области системы MATLAB.

Последняя конструкция *var = выражение* вводится, если требуется, чтобы функция возвращала результат вычислений. Приведенная форма файла-функции характерна для функции с одним выходным параметром. Если выходных параметров больше, то они указываются в квадратных скобках после слова *function*. При этом структура модуля имеет следующий вид:

```
function [var1,var2,...] = f_name(Список_параметров)
%Основной комментарий
%Dополнительный комментарий
Тело файла с любыми выражениями
var1=выражение
var2=выражение
```

Если функция используется как имеющая единственный выходной параметр, но имеет ряд выходных параметров, то для возврата значения будет использоваться первый из них. Это зачастую ведет к ошибкам в математических вычислениях. Поэтому, как отмечалось, данная функция используется как отдельный элемент программ вида *[var1, var2] = f\_name (Список\_параметров)*. После его применения переменные выхода *var1, var2* становятся определенными и их можно использовать в последующих математических выражениях и иных сегментах программы.

Для организации диалогового ввода и вывода используются следующие операторы, представленные в таблице 3.1.

Таблица 3.1 Операторы диалогового ввода/вывода

Оператор	Синтаксис	Назначение
INPUT	<i>x = input('&lt;приглашение&gt;')</i>	Для ввода данных с клавиатуры
DISP	<i>disp (&lt;переменная или текст в апострофах&gt;)</i>	Для вывода на дисплей

Приведем простой пример диалоговой программы, которая служит для многократного вычисления длины окружности по вводимому пользователем значению радиуса *r* (рис.3.3).

Для организации ветвлений служат условные операторы.

Конструкции условных операторов:

```
1)
if <условие>
<операторы>
end
```

Операторы (тело выражения) выполняются только в том случае, если условие истинно, если условие ложно, то тело выражения не выполняется.

```
2) if <условие>
<операторы 1>
else
<операторы 2>
end
```

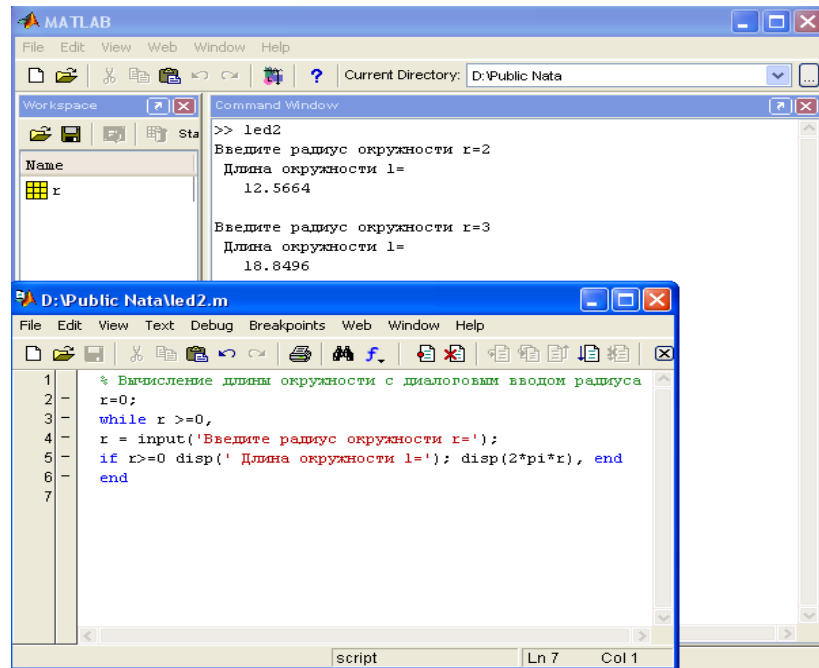


Рисунок 3.3 – Пример диалоговой программы

Если ход программы должен изменяться в зависимости от нескольких условий, то следует использовать полную конструкцию **if-elseif-else**. Каждая из ветвей **elseif** в этом случае должна содержать условие выполнения блока операторов, размещенных после нее. Важно понимать, что условия проверяются подряд, первое выполненное условие приводит к работе соответствующего блока, выходу из конструкции **if-elseif-else** и переходу к оператору, следующему за **end**. У последней ветви **else** не должно быть никакого условия. Операторы, находящиеся между **else** и **end**, работают в том случае, если все условия оказались невыполненными. Например, требуется написать файл-функцию для вычисления кусочно-заданной функции:

$$f(x) = \begin{cases} 1 - e^{-1-x}, & x < -1; \\ x^2 - x - 2, & -1 \leq x \leq 2; \\ 2 - x, & x > 2. \end{cases}$$

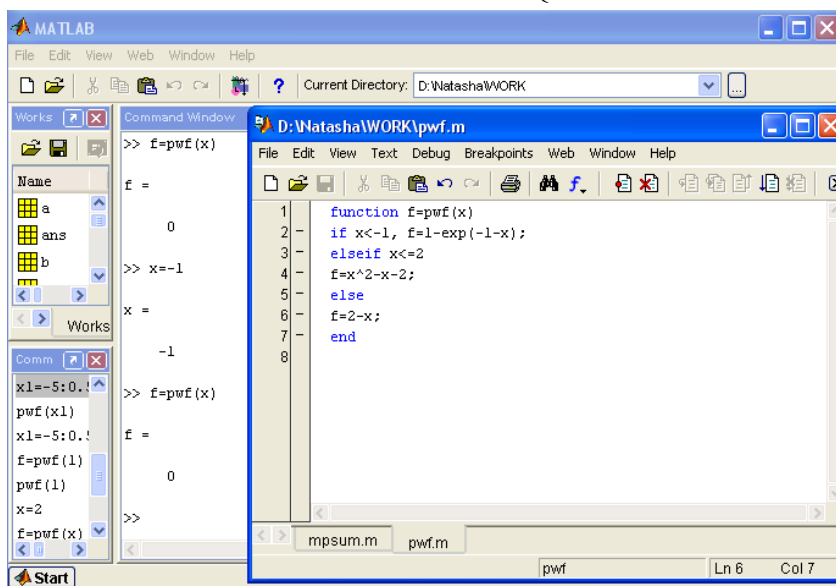


Рисунок 3.4 – Листинг программы для вычисления значения функции

В системе MATLAB могут применяться следующие операторы сравнения, приведенные в таблице 3.2.

Таблица 3.2 Операторы сравнения

Символ	Назначение	Имя функции
<	Меньше	lt
>=	Больше или равно	ge
>	Больше	gt
<=	Меньше или равно	le
==	Равно	eq
~=	Не равно	ne

Операции (==, ~=) проводят сравнение вещественных и мнимых частей комплексных чисел, а операции (>, <, >=, <=) – только вещественных частей.

Логические операции можно записывать в виде функций (табл. 3.3).

Таблица 3.3 Логические операции

Символ	Назначение	Имя функции
&	Логическое «и»	and
	Логическое «или»	or
~	Отрицание	not

Результатом логических операций являются числа 0 (false) и 1(true).

В системе MATLAB есть две разновидности операторов цикла – условный и арифметический. Для повторения операторов нефиксированное число раз используется оператор цикла с предусловием:

**while** <условие>

<операторы>

**end**

Операторы выполняются, если переменная <условие> имеет ненулевые элементы.

Арифметический оператор цикла имеет следующий вид:

**for** <имя> = <НЗ>: <Шаг>: <КЗ>

<операторы>

**end,**

где <имя> – имя управляющей переменной цикла,

<НЗ> – начальное значение управляющей переменной,

<КЗ> – конечное значение управляющей переменной,

<Шаг> – приращение значений переменной <имя> в ходе ее изменения от значения <НЗ> до значения <КЗ>. Если параметр <Шаг> не указан, по умолчанию его значение принимается равным единице.

При работе с циклом **for** допустимо использование оператора прерывания цикла **break**. При работе данного оператора работа цикла завершается, и управление передается на следующий после конца цикла оператор.

Ход работы программы может определяться значением некоторой переменной (переключателя). Такой альтернативный способ ветвления программы основан на использовании оператора переключения **switch**.. Оператор **switch** содержит блоки, начинающиеся со слова **case**, после каждого **case** записывается через пробел то значение переключателя, при котором выполняется данный блок. Последний блок начинается со слова **otherwise**, его операторы работают в том случае, когда ни один из блоков **case** не был выполнен. Если хотя бы один из блоков **case** выполнен, то происходит выход из оператора **switch** и переход к оператору, следующему за **end**.

Предположим, что требуется найти количество единиц и минус единиц в заданном массиве и, кроме того, найти сумму всех элементов, отличных от единицы и минус единицы. Листинг программы содержит файл–функцию, которая по заданному массиву возвращает число минус единиц в первом выходном аргументе, число единиц — во втором, а сумму — в третьем (рис.3.5).



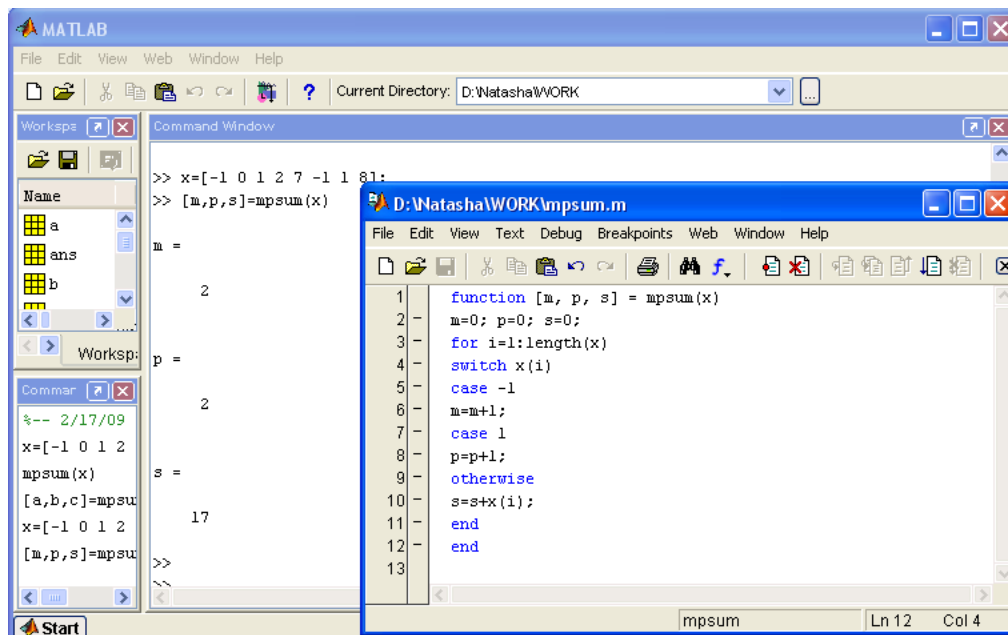


Рисунок 3.5 – Листинг программы

Для остановки программы используется оператор **pause**. Он используется в следующих формах:

- a) `pause` — останавливает вычисления до нажатия любой клавиши;
- b) `pause(N)` — останавливает вычисления на N секунд;
- c) `pause on` — включает режим отработки пауз;
- d) `pause off` — выключает режим отработки пауз.

### 3.2 Индивидуальное задание

1. Из файла-сценария с помощью функции диалогового ввода ввести с клавиатуры все необходимые данные. Выполнить расчет с использованием условных операторов и вывести результаты в командное окно (таблица 3.4).

Таблица 3.4 Варианты заданий

№ варианта	Задание
1	2
1	Найти сумму положительных из четырех заданных переменных.
2	Найти максимальное значение из четырех заданных переменных и вывести ее.
3	Заданы четыре переменные. Наименьшую из них заменить на сумму остальных.
4	Заданы четыре переменные. Подсчитать количество отрицательных и количество нулевых из них.
5	Найти произведение отрицательных из четырех заданных переменных.
6	Заданы две фигуры: квадрат задан длиной стороны, а круг – длиной радиуса. Определить, какая из них имеет большую площадь и во сколько.
7	Заданы четыре переменные. Все отрицательные из них заменить абсолютными значениями и увеличить в 2 раза.
8	Заданы четыре переменные, подсчитать количество равных нулю, положительных и отрицательных.
9	Даны четыре переменные. Найти среди них переменные, наиболее близкие по значению к $x$ .
10	Заданы четыре переменные. Все положительные из них заменить отрицательными значениями, умноженными на 5.

2. Написать файл-функцию с использованием операторов ветвления и циклов, на основании вариантов задания, представленных в таблице 3.5.

Таблица 3.5 Варианты заданий

№	Вход. массив	Формируемый массив	Задача
1	2	3	4
1	$A_{3 \times 3}$	$B_{3 \times 3}, b_{ij} = \begin{cases} a_{ij}, i < j \\ a_{ji}^2, i \geq j \end{cases}$	Сформировать массив $A1$ из минимальных элементов строк матрицы $A$ и массив $B1$ из минимальных элементов строк матрицы $B$ . Среди элементов $A1$ и $B1$ найти максимальный
2	$A_3$	$B_3, b_i = \sin(i^2), i = 1 \dots 3$	Сформировать массив $C$ – сумму элементов массивов $A$ и $B$ . Найти максимальное значение массивов $A, B, C$ .
3	$A_{3 \times 3}$	$B_{3 \times 3}, b_{ij} = \sin(i) * \sin(j)$ $i = 1 \dots 3, j = 1 \dots 3.$	Определить минимальные элементы в матрицах $A$ и $B$ ( $mA$ и $mB$ ). Вычислить $C=A*B*mA*mB$ .
4	$A_{3 \times 3}$	$B_{3 \times 3}, b_{ij} = \begin{cases} 2*i+3*j, i=j, \\ 5*i+2*j, иначе. \end{cases}$	Сформировать массив $A1$ из максимальных элементов строк матрицы $A$ и массив $B1$ из максимальных элементов строк матрицы $B$ . Упорядочить массив $A1$ по возрастанию, а массив $B1$ – по убыванию.
5	$A_{3 \times 3}$	$B_3, b_i = \sin(i) + \cos(i)$ $i = 1 \dots 3.$	Определить максимальные элементы в матрице $A$ и массиве $B$ ( $mA$ и $mB$ ). Вычислить $C=A*B*mA*mB$ .
6	$A_{3 \times 3}$	$B_3, b_i = \log(2i + \cos(i)),$ $i = 1 \dots 3.$	Сформировать массив $A1$ из средних значений элементов строк матрицы $A$ . Упорядочить массив $A1$ по возрастанию, а $B$ – по убыванию. Осуществить поэлементное умножение $A1$ и $B$ .
7	$A_{3 \times 3}$	$B_3, b_i = \sin(\ln(i) + \cos(i)),$ $i = 1 \dots 3.$	Заменить строку матрицы $A$ , содержащую максимальный элемент, массивом $B$ . Вычислить сумму элементов полученной матрицы.
8	$A_3$	$B_{3 \times 3}, b_{ij} = \begin{cases} 1 + \cos(i - j), i > j, \\ 1 - \sin(i + j), иначе. \end{cases}$	Массив $A$ упорядочить по возрастанию и заменить им последнюю строку матрицы $B$ .
9	$A_3$	$B_3, b_i = i * \log(i^2) + \sin(i),$ $i = 1 \dots 3.$	Упорядочить по возрастанию массивы $A$ и $B$ . Осуществить поэлементное деление упорядоченных массивов. Определить произведение элементов результирующего массива.
10	$A_{3 \times 3}$	$B_3, b_i = i * \sin(j) * \log(i)$ $i = 1 \dots 3$	Вычислить произведение элементов матрицы $A$ ( $pA$ ) и сумму элементов матрицы $B$ ( $cB$ ). Вычислить матрицу $C=pA*cB*A*B'$ .

### 3.4 Контрольные вопросы

1. Как осуществляется диалоговый ввод и вывод?
2. Для чего используются условные операторы?
3. Чем отличаются файлы-сценарии от файлов-функций?

## Практическое занятие № 4. Работа с графикой средствами MATLAB

**Цель занятия:** изучение основных операторов графики системы MATLAB и создание программ, реализующих графический вывод.

### 4.1 Основные теоретические сведения

Одно из достоинств системы MATLAB — обилие средств графики, начиная от команд построения простых графиков функций одной переменной в декартовой системе координат и кончая комбинированными и презентационными графиками с элементами анимации, а также средствами проектирования графического пользовательского интерфейса (GUI). Особое внимание в системе уделено трехмерной графике с функциональной окраской отображаемых фигур и имитацией различных световых эффектов.

Для отображения функций одной переменной  $y(x)$  используются графики в декартовой (прямоугольной) системе координат. При этом обычно строятся две оси — горизонтальная  $X$  и вертикальная  $Y$ , и задаются координаты  $x$  и  $y$ , определяющие узловые точки функции  $y(x)$ . Поскольку MATLAB — матричная система, совокупность точек  $y(x)$  задается векторами  $X$  и  $Y$  одинакового размера.

Команда **plot** ( $X$ ,  $Y$ ) служит для построения графиков функций в декартовой системе координат, координаты точек  $(x, y)$  берутся из векторов одинакового размера  $Y$  и  $X$ . Если  $X$  или  $Y$  — матрица, то строится семейство графиков по данным, содержащимся в колонках матрицы.

Команда **plot**( $X$ ,  $Y$ ,  $S$ ) аналогична команде **plot**( $X$ ,  $Y$ ), но тип линии графика можно задавать с помощью строковой константы  $S$ .

Значениями константы  $S$  могут быть следующие символы, которые представлены в таблице 4.1.

Маркер типа линии	
Маркет	Тип линии
-	Непрерывная
--	Штриховая
:	Пунктирная (точками)
-.	Штрих-пунктирная
Маркер цвета графика	
Продолжение таблицы 4.1	
Маркер	Цвет графика
c	Голубой
m	Фиолетовый
y	Желтый
Продолжение таблицы 4.1	
r	Красный
g	Зеленый
b	Синий
w	Белый
k	Черный
Тип проставляемой точки	
Маркер	Тип точки
.	Точка
+	Плюс
*	Звездочкой
o	Кружком (указывается латинская буква o)

x	Крестиком (указывается латинская буква x)
---	---

Таблица 4.1 Задание типа линии

Таким образом, с помощью строковой константы  $S$  можно изменять цвет линии, представлять узловые точки различными отметками (точка, окружность, крест, треугольник с разной ориентацией вершины и т. д.) и менять тип линии графика.

Команда **plot**( $X1, Y1, S1, X2, Y2, S2, X3, Y3, S3, \dots$ ) строит на одном графике ряд линий, представленных данными вида  $(X, Y, S)$ , где  $X$  и  $Y$  — векторы или матрицы, а  $S$  — строки. С помощью такой конструкции возможно построение, например, графика функции линией, цвет которой отличается от цвета узловых точек. При отсутствии указания на цвет линий и точек он выбирается автоматически из таблицы цветов (белый исключается). Если линий больше шести, то выбор цветов повторяется.

Иногда требуется сравнить поведение двух функций, значения которых сильно отличаются друг от друга. График функции с небольшими значениями практически сливается с осью абсцисс, и установить его вид не удастся. В этой ситуации помогает функция **plotyy**, которая выводит графики в окно с двумя вертикальными осями, имеющими подходящий масштаб.

Трехмерные поверхности обычно описываются функцией двух переменных  $z(x, y)$ . Специфика построения трехмерных графиков требует не просто задания ряда значений  $x$  и  $y$ , то есть векторов  $x$  и  $y$ . Она требует определения для  $X$  и  $Y$  двумерных массивов — матриц.

Для создания таких массивов служит функция **meshgrid**. В основном она используется совместно с функциями построения графиков трехмерных поверхностей. Функция **meshgrid** записывается в следующих формах:

- $[X, Y, Z] = \text{meshgrid}(x, y, z)$  — возвращает трехмерные массивы, используемые для вычисления функций трех переменных и построения трехмерных графиков;

- $[X, Y] = \text{meshgrid}(x, y)$  — преобразует область, заданную векторами  $x$  и  $y$ , в массивы  $X$  и  $Y$ , которые могут быть использованы для вычисления функции двух переменных и построения трехмерных графиков. Строки выходного массива  $X$  являются копиями вектора  $x$ , а столбцы  $Y$  — копиями вектора  $y$ .

Команда **plot3**(...) является аналогом команды **plot**(...), но относится к функции двух переменных  $z(x, y)$ . Она строит аксонометрическое изображение трехмерных поверхностей и представлена следующими формами:

- **plot3**( $x, y, z$ ) — строит массив точек, представленных векторами  $x, y$  и  $z$ , соединяя их отрезками прямых. Эта команда имеет ограниченное применение;

- **plot3**( $X, Y, Z, S$ ) — обеспечивает построения со спецификацией стиля линий и точек;

- **plot3**( $x1, y1, z1, s1, x2, y2, z2, s2, \dots$ ) — строит на одном рисунке графики нескольких функций  $z1(x1, y1), z2(x2, y2)$  и т. д. со спецификацией линий и маркеров каждой из них.

Наиболее представительными и наглядными являются сетчатые графики поверхностей с заданной или функциональной окраской. В названии их команд присутствует слово **mesh**. Имеются три группы таких команд:

- **mesh**( $X, Y, Z, C$ ) — выводит в графическое окно сетчатую поверхность  $Z(X, Y)$  с цветами узлов поверхности, заданными массивом  $C$ ;

- **mesh**( $X, Y, Z$ ) — аналог предшествующей команды при  $C=Z$ .

В данном случае используется функциональная окраска, при которой цвет задается высотой поверхности. Функция **mesh** возвращает дескриптор для объекта класса **surface**. Ниже приводится пример применения команды **mesh**:

```
>> [X, Y]=meshgrid([-3:0.15:3]);  
>> Z=X.^2+Y.^2;  
>> mesh(X, Y, Z)
```

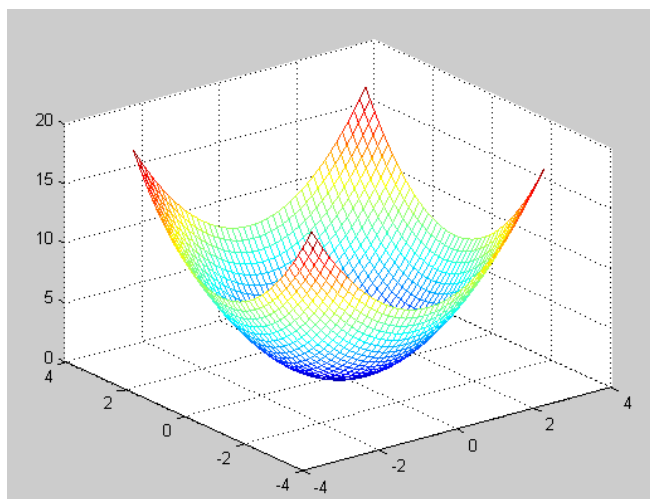


Рисунок 4.1 – График поверхности, созданный командой `mesh(X,Y,Z)`

После того как график уже построен, MATLAB позволяет выполнить его форматирование или оформление в нужном виде. Так, для установки над графиком титульной надписи используется следующая команда `title('string')` — установка на двумерных и трехмерных графиках титульной надписи, заданной строковой константой 'string'. Для установки надписей возле осей  $x$ ,  $y$  и  $z$  используются следующие команды: `xlabel('String')`, `ylabel('String')`, `zlabel('String')`.

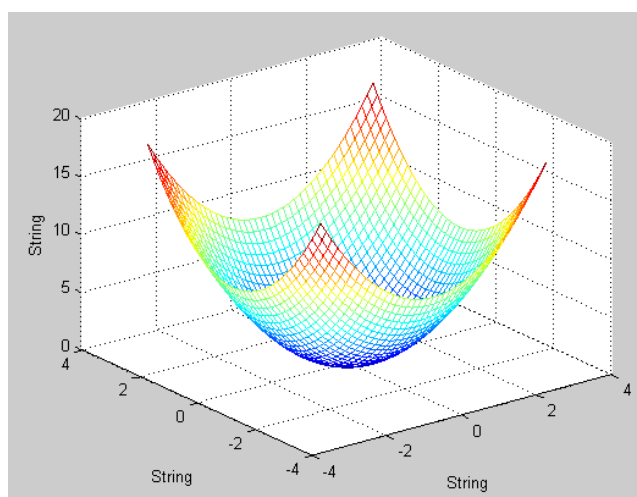


Рисунок 4.2 – Установка надписей с использованием команд: `xlabel('String')`, `ylabel('String')`, `zlabel('String')`

Часто возникает необходимость добавления текста в определенное место графика, например для обозначения той или иной кривой графика. Для этого используется команда `text`:

- `text(X,Y, 'string')` — добавляет в двумерный график текст, заданный строковой константой 'string', так что начало текста расположено в точке с координатами  $(X, Y)$ . Если  $X$  и  $Y$  заданы как одномерные массивы, то надпись помещается во все позиции  $[x(i), y(i)]$ ;

- `text(X,Y, Z, 'string')` — добавляет в трехмерный график текст, заданный строковой константой 'string', так что начало текста расположено в позиции, заданной координатами  $X, Y$  и  $Z$ .

Очень удобный способ ввода текста предоставляет команда `gtext`:

- `gtext('string')` — задает выводимый на график текст в виде строковой константы 'string' и выводит на график перемещаемый мышью маркер в виде крестика. Установив маркер в нужное место, достаточно щелкнуть любой кнопкой мыши для вывода текста.

Пояснение в виде отрезков линий со справочными надписями, размещаемое внутри графика или около него, называется легендой. Для создания легенды используются различные варианты команды `legend`:

**legend**(string1, string2, ..., strings) — добавляет к текущему графику легенду в виде строк, указанных в списке параметров;

```
>> legend('график')
```

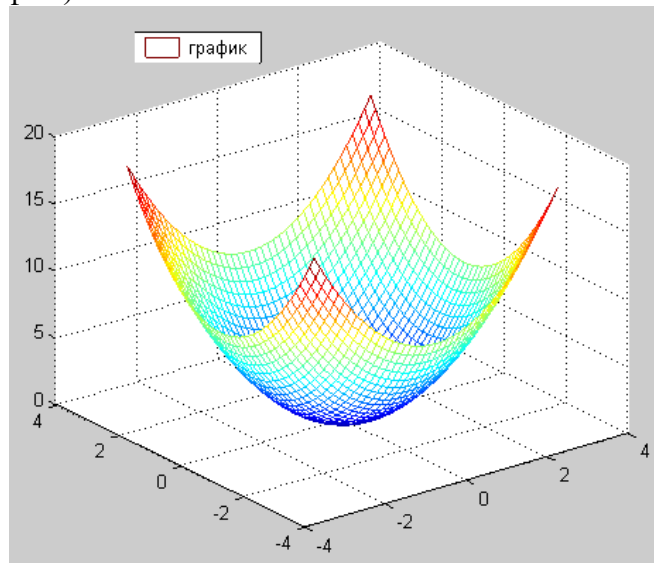


Рисунок 4.3 – График с пояснениями

**legend** (Pos) — помещает легенду в точно определенное место, специфицированное параметром Pos:

Pos=0 — лучшее место, выбираемое автоматически;

Pos=1 — верхний правый угол;

Pos=2 — верхний левый угол;

Pos=3 — нижний левый угол;

Pos=4 — нижний правый угол;

Pos=-1 — справа от графика.

При добавлении легенды следует учесть, что порядок и количество аргументов команды **legend** должны соответствовать порядку вывода графиков и их количеству

Обычно графики выводятся в режиме автоматического масштабирования. Следующие команды класса **axis** меняют эту ситуацию:

– **axis**([XMIN XMAX YMIN YMAX]) — установка диапазонов координат по осям x и y для текущего двумерного графика;

– **axis**([XMIN XMAX YMIN YMAX ZMIN ZMAX]) – установка диапазонов координат по осям x, y и z текущего трехмерного графика;

– **axis** auto — установка параметров осей по умолчанию;

В математической, физической и иной литературе при построении графиков в дополнение к разметке осей часто используют масштабную сетку. Команды **grid** позволяют задавать построение сетки или отменять это построение:

– **grid** on — добавляет сетку к текущему графику;

– **grid** off — отключает сетку.

Во многих случаях желательно построение многих наложенных друг на друга графиков в одном и том же окне. Для этого служит команда продолжения графических построений **hold**. Она используется в следующих формах:

– **hold** on — обеспечивает продолжение вывода графиков в текущее окно, что позволяет добавлять последующие графики к уже существующим;

– **hold** off — отменяет режим продолжения графических построений;

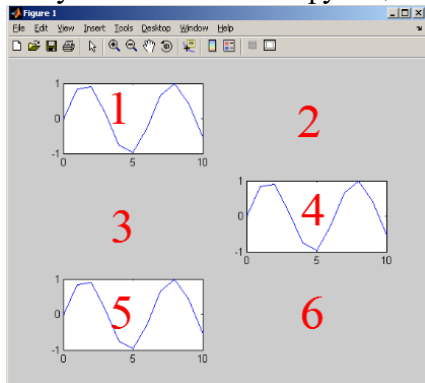
Бывает, что в одном окне надо расположить несколько координатных осей с различными графиками без наложения их друг на друга. Для этого используются команды **subplot**, применяемые перед построением графиков:

– **subplot**(*m*, *n*, *p*)— разбивает графическое окно на *m*×*n* подокон, при этом *m* — число подокон по горизонтали, *n*— число подокон по вертикали, а *p* — номер подокна, в которое будет выводиться текущий график (подокна отсчитываются последовательно по строкам).

Проиллюстрируем работу функции **subplot** (см рис. 4.4):

```
>>subplot(3, 2, 1); plot (x,y);
>> subplot(3, 2, 4); plot (x,y);
>> subplot(3, 2, 5); plot (x,y);
```

Рисунок 4.4 – Работа функции subplot



Было сформировано 3 строки и два столбца полей для вывода графиков. Обращение к каждому конкретному полю происходит с указанием его номера. Нумерация происходит слева направо и снизу вверх

#### 4.2 Индивидуальное задание

1. Составление и отладка программы для вывода графиков функций  $f_1, f_2, f_3$  на основании задания из таблицы 4.2. Вывод графиков должен быть осуществлен в одном окне, графики должны быть подписаны, отмасштабированы.

Таблица 4.2 Варианты заданий

Номер варианта	$f_1$	$f_2$	$f_3$	$f_4$
1	2	3	4	5
1	$\sin(x)$	$\cos(x)$	$x^2$	$\cos(r)/r$
2	$e^x$	$x^2$	$x$	$\cos^2(r)/r$
3	$\sin(x) + \cos(x)$	$\cos(x) + x^2$	$x^2 + \lg(x)$	$\cos(r^2)/r$
4	$\sin(x) + e^x$	$\sin(x) + x^2$	$\sin(x) + x$	$\cos(r)/r^2$
5	$x * \sin(x)$	$x * \cos(x)$	$x^2$	$(\cos(r)/r)^2$
6	$xe^x$	$\sin(x) + x^2$	$\sin(x) + x$	$\sin^2(r)/r$
7	$\sin(x) * \cos(x)$	$\cos(x) * x^2$	$x^2 \lg(x)$	$\sin(r^2)/r$
8	$\sin(x)e^x$	$\sin(x) * x^2$	$\sin(x) * x$	$\sin(r)/r^2$
9	$\sin^2(x)$	$\cos^2(x)$	$x$	$(\sin(r)/r)^2$
10	$\sin(x) * e^x$	$\sin(x) * x^2$	$\sin(x) * x$	$r + \cos(r)/r$

2. Составление и отладка программы для вывода графика трехмерной поверхности для функции  $f_4 (r = \sqrt{x^2 + y^2})$  задания из таблицы 4.2.

3. Написать файл-функцию для вычисления кусочно-заданной функции (табл. 4.3) и построить ее график.

Таблица 4.3 Варианты заданий кусочно-заданной функции



№ варианта	Функция	№ варианта	Функция
1	2	3	4
1	$y = \begin{cases} \frac{1+x^2}{\sqrt{1+x^4}}, x \leq 0 \\ 2x + \frac{\sin^2 x}{3+x}, x > 0 \end{cases}$	2	$y = \begin{cases} 3\sin x - \cos^2 x, x \leq 0 \\ \frac{3\sqrt{1+x^4}}{\ln(x+5)}, x > 0 \end{cases}$
3	$y = \begin{cases} \frac{3+\sin^2(2x)}{1+\cos^2 x}, x \leq 0 \\ 2x + \frac{\sin^2 x}{3+x}, x > 0 \end{cases}$	4	$y = \begin{cases} \frac{3x^2}{1+x^2}, x \leq 0 \\ \sqrt{1 + \frac{2x}{e^{0.5x} + x^2}}, x > 0 \end{cases}$
5	$y = \begin{cases} \frac{3+\sin^2 x}{1+x^2}, x \leq 0 \\ 2x^2 \cos^2 x, x > 0 \end{cases}$	6	$y = \begin{cases} \sqrt{1+2x^2+\sin^2 x}, x \leq 0 \\ \frac{2+x}{\sqrt[3]{2+e^{-0.5x}}}, x > 0 \end{cases}$
7	$y = \begin{cases} \frac{\sqrt{1+x^2}}{1+x}, x \leq 0 \\ \frac{1}{\sqrt[3]{1+e^{-0.2x}}+1}, x > 0 \end{cases}$	8	$y = \begin{cases} \sqrt{1+ x }, x \leq 0 \\ \frac{1+3x}{\sqrt[3]{1+x+2}}, x > 0 \end{cases}$
9	$y = \begin{cases} \frac{\sqrt{1+ x }}{2+ x }, x \leq 0 \\ \frac{1+x}{2+\cos^3 x}, x > 0 \end{cases}$	10	$y = \begin{cases} \sqrt[3]{1+x^2}, x \leq 0 \\ \sin^2 x + \frac{1+x}{1+e^x}, x > 0 \end{cases}$

### 4.3 Контрольные вопросы

1. С помощью какой команды осуществляется построение графиков декартовой системах координат?
2. Для чего служит команда mesh?
3. Как осуществляется задание надписей?
4. Для чего используется команда grid?
5. Как осуществляется разбивка окна на меньшие окна?
6. Для чего используется команда hold?

### Практическое занятие № 5. Примеры использования MathCAD

**Цель занятия:** Научиться выполнять в программе MathCAD простейшие арифметические вычисления, определять выражение, содержащее переменные. Ознакомиться с общими возможностями данной программы.

Система MathCAD является интегрированной системой, которая ориентирована в основном на проведение математических и инженерно-технических расчётов. После запуска приложения MathCAD открывается окно, вид которого представлен на рисунке 1.1.

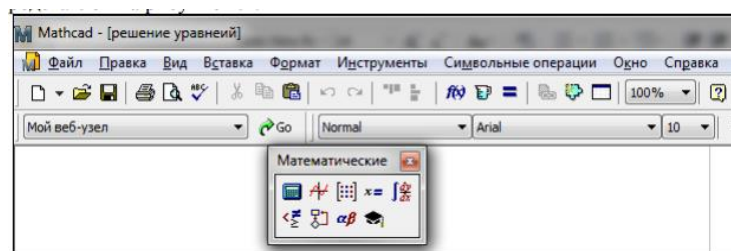


Рисунок 1.1 - Рабочее окно системы MathCAD

Главное меню системы MathCAD представлено набором команд, общим для большинства приложений операционной системы MS Windows, а также командами, представляющими специфические возможности.

Меню **Файл (File)** – работа с файлами.

Меню **Правка (Edit)** – редактирование документов.

Меню **Вид (View)** – настройка элементов окна.

Меню **Вставка (Insert)** – позволяет помещать в MathCAD документ графики, функции, матрицы, гиперссылки, компоненты и настраивать объекты.

Меню **Формат (Format)** – содержит команды, предназначенные для задания различных параметров, определяющих внешнее представление чисел, формул, текста, абзацев, колонтитулов и т.д.

Меню **Инструменты (Math)** – позволяет установить режимы и параметры вычислений

Меню **Символьные операции (Symbolic)** – реализует символьные вычисления.

Меню **Окно (Window)** – содержит команды для упорядочения взаимного расположения нескольких окон и позволяет активизировать одно из них.

Меню **Справка (Help)** – информационный центр и справочники.

Панель **Математические** предназначена для вызова на экран еще девяти панелей, с помощью которых происходит вставка математических операций в документы. Каждая из кнопок, в свою очередь, открывает панели инструментов специального назначения, к которым относятся следующие:

Калькулятор (Арифметика). На данной панели расположены арифметические операторы, цифры от 0 до 9, наиболее распространенные функции и математические константы, а также операторы вывода

Булева алгебра – для ввода операторов сравнения и логических операций.

Вычисление – на панели находятся ссылки на все операторы ввода и вывода в MathCAD, а также шаблоны для создания пользовательских операторов.

Графики – шаблоны для построения разнообразных графиков и поверхностей. Матрицы – операторы создания, обращение, транспонирование матриц, а также операторы матричных индексов и колонок.

Математический анализ – представляет математические выражения с элементами интегрирования, дифференцирования в привычном виде. Кнопки этой панели позволяют вычислять значения пределов, сумм, произведений.

Программирование – инструменты для написания программ.

Греческий Алфавит – графический алфавит.

Символы – для символьных вычислений.

В развёрнутом виде перечисленные панели инструментов панели Математические представлены на рисунке 1.2.

### Типы данных MathCAD

В системе MathCAD предусмотрены следующие типы данных.

1. Целые.
2. Вещественные.
3. Комплексные. Следует иметь в виду, что при записи мнимой единицы следует использовать специальную кнопку панели Calculus.
4. Строковые. Обычно это комментарии вида: «Вычисление суммы».

5. Системные. Системная константа – это предварительно определённая переменная, значение которой задаётся в начале загрузки системы. Примерами таких констант являются числа «e» или «л».

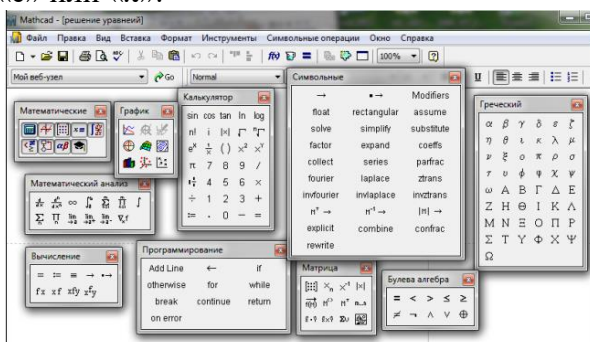


Рисунок 1.2 - Рабочее окно системы MathCAD с развёрнутыми панелями инструментов панели Математические

### Определение переменных

Имена переменных (идентификаторы) в системе MathCAD могут иметь практически любую длину, и в них могут входить любые латинские и греческие буквы, а также цифры. Однако начинаться они могут только с буквы, например: x, xl, alpha, X, coordinate. Идентификатор не должен содержать пробелов. Строчные и прописные буквы в именах различаются. Имя не должно совпадать с именами встроенных функций. После входа в MathCAD на экране появляется красный крестик, который обозначает место, где будет производиться запись. Переменные должны быть предварительно определены пользователем, т. е. им необходимо хотя бы однажды присвоить значение. В качестве оператора присваивания используется знак :=, тогда как знак = отведен для вывода значения константы или переменной. Попытка использовать неопределённую переменную ведёт к выводу сообщения об ошибке - переменная окрашивается в яркокрасный цвет.

### Ранжированные (дискретные) переменные

Ранжированная переменная – переменная, которая принимает ряд значений при каждом ее использовании. Для определения ранжированной переменной общего вида используется выражение: Имя\_переменной := начальное\_значение, начальное\_значение + шаг .. конечное\_значение. Если шаг равен 1, тогда ранжированную переменную можно задавать следующим образом: Имя\_переменной := начальное\_значение.. конечное\_значение. 9 Задать ранжированную переменную можно при помощи кнопки  $m..n$  на панели Матрица, означающей диапазон изменения (от..до включительно). Любое выражение с ранжированными переменными после знака равенства (=) создает таблицу вывода.

### Создание текстовых областей

1. Указать курсором место создания области.
2. Выбрать команду Текстовая Область из меню Вставка. Появится текстовая рамка.
3. По мере ввода текста текстовая рамка будет увеличиваться. Нажатие клавиши Enter приведёт к переходу на новую строку внутри текста. Чтобы покинуть текстовую область, необходимо щёлкнуть вне границ рамки.

### Создание формул

Формулы – основные объекты MathCAD. Для запуска формульного редактора необходимо установить указатель мыши в любое свободное место окна редактирования и щелкнуть левой кнопкой. На этом месте появится курсор ввода в виде красного креста (+). В математическом выражении курсор приобретает вид синего уголка (└ или ┘). Он указывает направление ввода и управляется клавишами перемещения курсора.

Элементы формул можно вводить с клавиатуры или с помощью панелей. Буквенные значения задаются с помощью оператора присваивания (он вводится символом ":="). Таким же образом можно задавать числовые последовательности, аналитически определенные функции, матрицы, векторы.

Входной язык – промежуточный математически ориентированный язык визуального программирования, предполагающий при наборе формул заполнение уже готовых системных шаблонов (элементы шаблона, подлежащие заполнению, изображаются черными прямоугольниками).

Набор и отображение некоторых символов:

- деление (/) отображается дробным выражением;  $2/3 \rightarrow \frac{2}{3}$ ;

- умножение (\*) отображается точкой;  $2*3 \rightarrow 2.3$ ;

- возведение в степень (^) отображается верхним индексом;  $2^3 \rightarrow 2^3$ ;  $2^{(1/3)} \rightarrow 2^{1/3}$ .

Математическое выражение – формула, состоящая из операндов, операторов и функций. Набор клавиши равно (=) вызывает вычисление математического выражения с выводом результата на экран:  $2 + \ln(2.73) = 3$ .

### Форматирование результатов

Способ, которым MathCAD выводит числа, называется форматом результата. Формат результата может быть установлен для всего документа (глобальный формат) или для отдельного результата (локальный формат). Глобальный формат устанавливается командой меню Формат → Результат. В диалоговом окне, появляющемся после выбора этой команды, устанавливается выводимая точность числа, диапазон показателя степени (если вывод чисел нужен в форме с плавающей запятой) и точность нуля. Для установки формата отдельного числа нужно: щелкнуть мышью на выражении, результат которого нужно переформатировать; вызвать команду форматирования и проделать вышеописанные действия.

### Определение функций.

Функция – выражение, согласно которому проводятся некоторые вычисления с его аргументами и определяется его числовое значение. Функции в пакете MathCAD могут быть встроенные и определенные пользователем. Для ввода встроенных функций используется команда меню Вставка → Функция или кнопка на панели инструментов. В диалоговом окне нужно выбрать Категорию и соответствующую функцию.

**Пользовательские функции** – функции, определённые и запрограммированные пользователем для выполнения периодических вычислений. Чтобы воспользоваться собственной функцией, нужно выполнить следующее:

1. Описать функцию.

2. Вызвать описанную функцию для выполнения. Для определения функции используются идентификаторы: имя функции и имена формальных параметров функции.

Таблица 1.1 - Встроенные функции MathCAD

Тригонометрические функции		Гиперболические функции	
sin(z)	синус	sinh(z)	гиперболический синус
csc(z)	косеканс	csch(z)	гиперболический косеканс
cos(z)	косинус	cosh(z)	гиперболический косинус
sec(z)	секанс	sech(z)	гиперболический секанс
tan(z)	тангенс	tanh(z)	гиперболический тангенс
cot(z)	котангенс	coth(z)	гиперболический котангенс
Обратные тригонометрические функции		Показательные и логарифмические функции	
asin(z)	обратный тригонометрический синус	exp(z)	экспоненциальная функция ( $e^z$ )
acos(z)	обратный тригонометрический косинус	ln(z)	натуральный логарифм (по основанию e)
atan(z)	обратный тригонометрический тангенс	log(z)	десятичный логарифм (по основанию 10)

Пример 1.1. Пусть требуется определить функцию Dist, которая будет возвращать расстояние заданной точки от начала координат. Использовать эту функцию для вычисления расстояния от точки A(1.96;-3.8) и B(6;42.5) до начала координат. Расстояние от начала координат до некоторой точки A(x,y) определяется по формуле  $d = \sqrt{x^2 + y^2}$ , где x, y –

координаты заданной точки. Эта формула и будет составлять основу функции Dist. Ниже представлено решение поставленной задачи в программе MathCAD.

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

$$\text{Dist}(1.96, -3.8) = 4.276 \quad P := \text{Dist}(6, 42.6) \quad P = 43.02$$

Пример 1.2. Требуется получить таблицу значений функции  $f(x) = \frac{x}{1+x^2}$  на интервале [a,b] с шагом h. Решение задачи можно свести к выполнению следующих шагов.

1. Задать функцию  $f(x) = \frac{x}{1+x^2}$
2. Задать a, b, h.
3. Задать переменную t при помощи кнопки Переменная-диапазон, принимающую значение из промежутка на интервале [a,b] с шагом h.
4. Получить таблицу значений функции для переменной t (рис.1.3).

$f(x) := \frac{x}{1+x^2}$      $a := 0$      $b := 1$      $h := 0.1$   
 $t := a, a + h .. b$      $f(t) =$   

t =
0
0.1
0.2

f(t) =
0
0.099
0.192

Рисунок 1.3 – Создание функции и таблицы значений в программе MathCAD

### Простые вычисления в MathCAD

Результат арифметического выражения отображается, если после него стоит знак « $\Rightarrow$ » или знак « $\leftrightarrow$ ». В первом случае результат представляется в численном виде, а во втором – в символьном. Передвигаться по формуле удобно при помощи клавиши «пробел».

Пример 1.3. Символьное вычисление в MathCAD.

$$\frac{2.45}{6.342} + \frac{3}{56} - 45 - \frac{6}{86} \rightarrow -44.629882547505372$$

### Вычисления суммы и произведения ряда.

Оператор суммирования вычисляет сумму выражений по всем значениям индекса. Оператор произведения работает аналогичным образом - вычисляет произведение выражений по всем значениям индекса.

После выбора знака суммирования с пустыми полями - поле индекса, поле начального значения индекса, поле конечного значения индекса, поле выражения заполняются следующие поля:

- в поле имени индекса вводится имя переменной, которая является индексом суммирования, - в поле начального и конечного значений индекса
- целое число или любое выражение, принимающее целое значение.

в поле выражения вводится выражение, которое необходимо просуммировать. Обычно это выражение включает индекс суммирования  $\sum_{x=1}^{10} x + \cos(x)$ . Для группировки элементов выражения их заключают в скобки. Используется апостроф ('), чтобы создать пару круглых скобок вокруг поля. Аналогично создается оператор произведения.

### Контрольные вопросы:

1. Назовите элементы окна MathCAD.
2. Как производится процесс вычисления в MathCAD?
3. Чем отличаются знаки := и = при организации вычислений?
4. Различает ли среда заглавные и прописные буквы?
5. Когда используется оператор суммы?

## Индивидуальные задания

### Задание №1

Вариант	Выражение	Вариант	Выражение
1	$\frac{(13.75 + 9\frac{1}{6}) \cdot 1.2 + (6.8 - 3\frac{3}{5}) \cdot 5\frac{5}{6} - 27\frac{1}{6}}{(10.3 - 8\frac{1}{2}) \cdot \frac{5}{9} + (3\frac{2}{3} - 3\frac{1}{6}) \cdot 56}$	2	$\frac{(\frac{1}{6} + 0.1 + \frac{1}{15}) \div (\frac{1}{6} + 0.1 - \frac{1}{15}) \cdot 2.52}{(0.5 - \frac{1}{3} + 0.25 - \frac{1}{5}) \div (0.25 - \frac{1}{6}) \cdot \frac{7}{13}}$
3	$\left( \frac{3\frac{1}{3} + 2.5}{2.5 - \frac{1}{3}} \cdot \frac{4.6 - 2\frac{1}{3}}{4.6 + 2\frac{1}{3}} \cdot 5.2 \right) \div \left( \frac{0.05}{7 - 0.125} + 5.7 \right)$	4	$\frac{0.4 + 8 \cdot (5 - 0.8 \cdot \frac{5}{8}) - 5 \div 2\frac{1}{2} \cdot 90}{\left( 1\frac{7}{8} \cdot 8 - (8.9 - 2.6 \div \frac{2}{3}) \right) \cdot 34\frac{2}{5}}$
5	$\frac{(\frac{3}{5} + 0.425 - 0.005) \div 0.1}{30.5 + \frac{1}{6} + 3\frac{1}{3}} + \frac{6\frac{3}{4} + 5\frac{1}{2}}{26 \div 3\frac{5}{7}} - 0.05$	6	$\frac{3\frac{1}{3} \cdot 1.9 + 19.5 \div 4\frac{1}{2}}{\frac{62}{75} - 0.16} \div \frac{3.5 + 4\frac{2}{3} + 2\frac{2}{15}}{0.5 \cdot (1\frac{1}{20} + 4.1)}$
7	$\frac{\left( 1\frac{1}{5} \div (\frac{17}{40} + 0.6 - 0.005) \right) \cdot 1.7}{\frac{5}{6} + 1\frac{1}{3} - 1\frac{23}{30}} + \frac{4.75 + 7\frac{1}{2}}{33 \div 4\frac{5}{7}} \div 0.25$	8	$\frac{\left( 4.5 \cdot 1\frac{2}{3} - 6.75 \right) \cdot \frac{2}{3}}{\left( 3\frac{1}{3} \cdot 0.3 + 5\frac{1}{3} \cdot \frac{1}{8} \right) \div 2\frac{2}{3}} + \frac{1\frac{4}{11} \cdot 0.22 \div 0.3 - 0.96}{\left( 0.2 - \frac{3}{40} \right) \cdot 1.6}$
9	$\frac{\left( 1.88 + 2\frac{3}{25} \right) \cdot \frac{3}{16} + \left( \frac{0.216}{0.15} + 0.56 \right) \div 0.5}{0.625 - \frac{13}{18} \div \frac{26}{9} + \left( 7.7 \div 24\frac{3}{4} + \frac{2}{15} \right) \cdot 4.5}$	10	$\frac{0.128 \div 3.2 + 0.86}{\frac{5}{6} \cdot 1.2 + 0.8} \cdot \frac{\left( 1\frac{32}{63} - \frac{13}{21} \right) \cdot 3.6}{0.505 \cdot \frac{2}{5} - 0.002}$

1. Вычислить значения суммы и произведения ряда в соответствии с вариантом.
2. Вычислить значения сумм и произведений для n=10 и x = 5. После вычислений изменить значение x = - 0.5. Результат должен содержать два знака после десятичной точки.

### Задание №2

	№1	№2
1	$\sum_{k=1}^{10} \frac{1}{(2k+1)^2}$	$\sum_{i=1}^n \left( \frac{1}{i!} + \sqrt{ x } \right)$
2	$\sum_{i=1}^{10} \frac{1}{i!}$	$\prod_{k=1}^n \left( 1 + \frac{\sin(kx)}{k!} \right)$
3	$\prod_{i=1}^{52} \frac{i^2}{i^2 + 2i + 3}$	$\sum_{i=1}^n \frac{x + \cos(ix)}{2^i}$
4	$\sum_{k=1}^{10} \frac{(-1)^k}{(2k+1)k}$	$\sum_{i=1}^n \frac{x + \cos(ix)}{2^i}$
5	$\prod_{i=2}^{10} \left( 1 - \frac{1}{i!} \right)^2$	$\sum_{i=1}^n \frac{x^i}{i!}$
6	$\prod_{i=2}^{100} \frac{i+1}{i+2}$	$\sum_{k=1}^n \frac{(-1)^k}{(2x+1)k}$
7	$\sum_{i=1}^{15} \prod_{j=1}^{10} \sin(i \cdot j^2)$	$\prod_{i=1}^n \frac{x^2}{i^2 + 2x + 3}$
8	$\prod_{i=1}^{52} \frac{i^2}{i^2 + 2i + 3}$	$\sum_{i=1}^n \frac{x + \cos(ix)}{2^i}$
9	$\sum_{k=1}^{10} \frac{1}{(2k+1)^2}$	$\prod_{k=1}^n \left( 1 + \frac{\sin(kx)}{k!} \right)$
10	$\prod_{i=2}^{100} \frac{i+1}{i+2}$	$\sum_{k=1}^n \frac{x}{k^5}$

## Практическое занятие № 6. Определение и вычисление значения функции в точке

**Цель занятия:** Научиться определять в MathCAD функции, вычислять их значения, строить таблицы значений функции и графики.

Одним из многих достоинств MathCAD является легкость построения графиков. Двумерные и трехмерные графики строятся на основании обработанных данных.

Для построения графика используется команда меню Вставка - Графики. Панель графиков вызывается нажатием кнопки с изображением графиков на математической панели.

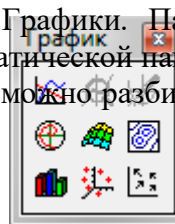
В MathCAD встроено несколько различных типов графиков, которые можно разбить на две большие группы.

Двумерные графики:

- X-Y (декартовый) график (X-Y Plot);
- полярный график (Polar Plot).

Трехмерные графики:

- график трехмерной поверхности (Surface Plot);
- график линий уровня (Contour Plot);
- трехмерная гистограмма (3D Bar Plot);
- трехмерное множество точек (3D Scatter Plot);
- векторное поле (Vector Field Plot).



Для построения графиков используются шаблоны. Их перечень содержится в команде меню Вставка Графики. Большинство параметров графического процессора, необходимых для построения графиков, по умолчанию задается автоматически. Поэтому для начального построения того или иного вида достаточно задать тип графика.

MathCAD представляет разнообразные средства форматирования графика -изменение толщины и цвета линий, вида осей координат, координатные сетки, текстовые комментарии и др. Для того чтобы изменить вид изображения, нужно щелкнуть дважды по полю графика и установить требуемые параметры в окнах настройки.

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

*Порядок действий при построении* всех графиков одинаков. После выбора шаблона построения графика в рабочем документе открывается поле построения графика с помеченными для ввода позициями, которые нужно заполнить для определения графика.

Когда график определен (заполнены все помеченные позиции), то для построения графика при автоматическом режиме вычислений достаточно щелкнуть мышью вне поля графика.

Заполнение шаблона для разных типов графиков имеет свои особенности.

Можно начертить *несколько кривых на одном* и том же чертеже. Чтобы представить графически несколько выражений по оси ординат относительно одного выражения по оси абсцисс, введите первое выражение по оси ординат, сопровождаемое запятой. Непосредственно под первым выражением появится пустое поле. Введите туда второе выражение, сопровождаемое другой запятой, чтобы получить пустое поле, и т. д.

### Форматирование графиков

Чтобы изменить *формат графика*, необходимо дважды щелкнуть мышью в области графика.

Если строим график в декартовой системе координат, то появится следующее диалоговое окно для форматирования графика (разные типы графиков имеют разный вид диалоговых окон, но аналогичную технологию форматирования).

Форматирование оси графика можно также произвести, выполнив на ней двойной щелчок.

В MathCAD можно делать следующие надписи на чертеже:

- заголовок выше или ниже графика;
- названия осей, чтобы описать, что отложено на каждой оси;
- имена кривых, идентифицирующих отдельные графики;
- переменные - выражения, определяющие координаты.

Чтобы надписать одну или обе оси графика, необходимо указать название осей в поле Метки осей.

Можно построить до 16 разных графиков. Каждому графику соответствует строка в прокручиваемом списке, который откроется, если в диалоговом окне для форматирования графика щелкнуть по вкладке Traces (Трассировка). На этой вкладке можно изменить параметры: тип, цвет, толщину линии.

По мере появления новых графиков MathCAD ставит в соответствие каждому одну из этих строк.

### Построение графика функции $y = f(x)$

Для построения графика используется команда меню Вставка - Графики.

Для создания декартового графика:

1. Установить визир в пустом месте рабочего документа.
2. Выбрать команду Вставка - График, или нажать комбинацию клавиш Shift+@, либо



щелкнуть кнопку панели Графики. В результате появится шаблон декартового графика.

3. Ввести в средней метке под осью X первую независимую переменную, через запятую – вторую и так до 10, например:  $x_1, x_2, \dots$ ;

4. Ввести в средней метке слева от вертикальной оси Y первую независимую переменную, через запятую – вторую и т. д., например:  $y_1(x_1), y_2(x_2), \dots$ , или соответствующие выражения;

5. Щелкнуть за пределами области графика, чтобы начать его построение. Можно построить несколько зависимостей на одном графике. Для этого нужно ввести соответствующие функции у вертикальной оси (оси ординат). Чтобы разделить описания функций, вводить их нужно через запятую.

**Пример 3.1.** Построение графиков функций  $y = f(x)$  и  $g(x)$  приведено на рис.3.1.

$$f(x) := x + \sin(x) \quad g(x) := x \cdot \sin(x)$$

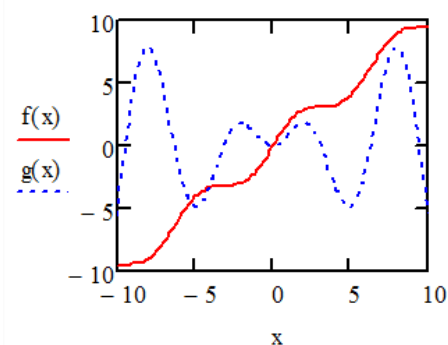


Рисунок 3.1 – Построение двух графиков на одной диаграмме

Построение кривой, заданной параметрически, осуществляется аналогично. Отличие состоит в том, что в позиции аргумента и функции вводятся выражения или имена соответствующих функций.

### Индивидуальное задание

Построить графики функций.

№ варианта	Функция одной переменной	№ варианта	Функция одной переменной
------------	--------------------------	------------	--------------------------



1	$y = \frac{3}{x^3} + \frac{2}{x^2} + \frac{1}{x}$	6	$y = \sin(x) - 4\cos(x)$
2	$y = \sqrt{x} - \sqrt[3]{x^2} + \sqrt[4]{x^3}$	7	$y = x^2 * \text{tg}(x)$
3	$y = \ln(3x) + \frac{\exp(-3x)}{x}$	8	$y = \frac{\sqrt[3]{x}}{\cos(x)}$
4	$y = \frac{x^2 - \sqrt{x}}{1-x}$	9	$y = \frac{\cos(x) - \sin(x)}{\cos(x) + \sin(x)}$
5	$y = \frac{x^2}{x^3 + 1}$	10	$y = (1 + x^2)\arccos(x)$

### Контрольные вопросы

1. Как построить несколько графиков в одной системе координат?
2. Как построить декартовский график?
3. Как отформатировать построенный график?
4. Как построить график кривой, заданной параметрически?

### Практические занятия № 7- 8. Решение задач элементарной математики в MathCAD

*Цель занятия:* Научиться выполнять операции по упрощению выражений, раскрытию скобок, разложению на множители, решению нелинейных уравнений и их систем, расширить свои умения и навыки по работе с графиками в системе MathCAD.

В MathCAD можно выполнить следующие символьные преобразования алгебраических выражений:

**simplify** (упростить) – выполнить арифметические операции, привести подобные слагаемые, сократить дроби, использовать для упрощения основные тождества (формулы сокращенного умножения, тригонометрические тождества и т.п.);

**expand** (развернуть) – раскрыть скобки, перемножить и привести подобные слагаемые;

**factor** (разложить на множители) – представить, если возможно, выражение в виде произведения простых сомножителей;

**substitute** (подставить) – заменить в алгебраическом выражении букву или выражение другим выражением;

**convert to partial fraction** – разложить рациональную дробь на простейшие дроби.

Если MathCAD не может выполнить требуемую операцию, то он выводит в качестве результата вычислений исходное выражение. MathCAD не всегда преобразует выражение к самому простейшему виду.

#### Преобразование алгебраических выражений

**Задание 1.** Упростите выражение  $\left(1 + \frac{2}{3 \cdot x - 1}\right) \cdot \left(1 - \frac{9 \cdot x - 9 \cdot x^2}{3 \cdot x + 1}\right) + 1$ .

Фрагмент рабочего документа MathCAD с соответствующими вычислениями.

$$\left(1 + \frac{2}{3 \cdot x - 1}\right) \cdot \left(1 - \frac{9 \cdot x - 9 \cdot x^2}{3 \cdot x + 1}\right) + 1$$

3-x

1. Для того чтобы ввести первый сомножитель нажмите на клавиатуре клавиши в следующей последовательности  
 $\langle 1 \rangle \langle + \rangle \langle 2 \rangle \langle / \rangle \langle 3 \rangle \langle * \rangle \langle - \rangle \langle 1 \rangle$
2. Прежде чем вводить знак умножения и второй сомножитель, нажмите несколько раз клавишу <Пробел>; нажимайте пробел до тех пор, пока весь первый сомножитель не будет заключен в выделяющую рамку.
3. Затем введите знак умножения и второй сомножитель – нажмите на клавиатуре клавиши в следующей последовательности:

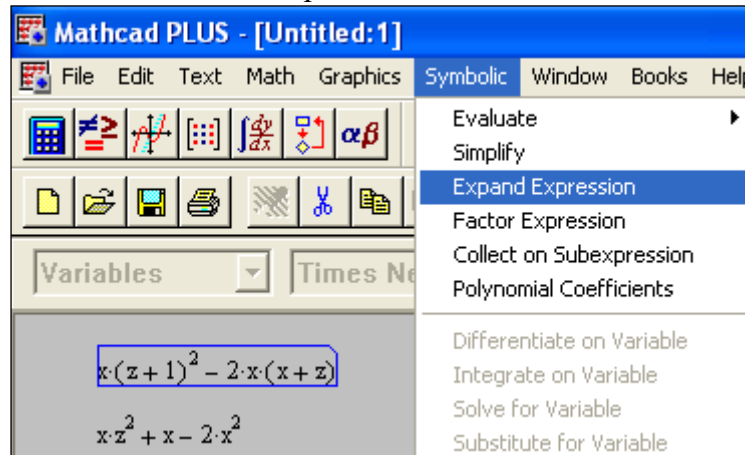
<\*> <( > <1> <-> <9> <\*> <x> <-> <9> <\*> <x> <^> <2>  
<Пробел>...<Пробел> (выделить  $9x-9x^2$ ) </> <3> <\*> <x> <+> <1>  
<Пробел>...<Пробел> (выделить второй сомножитель) <+> <1>.

**Задание 2.** Раскройте скобки и приведите подобные слагаемые в выражении

$$x \cdot (z+1)^2 - 2 \cdot z \cdot (x+z).$$

1. Сначала, как и в предыдущем примере введите выражение для преобразования, выделите его и щелкните по строке Expand Expression.
2. Результат (преобразованное выражение) отображается в рабочем документе под исходным выражением.

Фрагмент рабочего документа MathCAD с соответствующими вычислениями и изображением использованного меню приведен ниже.



**Задание 3.** Разложите на множители выражение

$$a^2 \cdot b + a \cdot b^2 + 2 \cdot a \cdot b \cdot c + b^2 \cdot c + a^2 \cdot c + a \cdot c^2 + b \cdot c^2.$$

**Замечание.** При вводе выражения не забывайте вводить знак умножения <\*>, а после ввода показателя степени <^> нажимать клавишу <Пробел>.

**Задание 4.** Разложите на простейшие дроби рациональную дробь  $\frac{x^2 - 3 \cdot x + 7}{(x-1)^2 \cdot (x^2 + x + 1)}$ .

**Замечание.** Введите описанным ранее способом выражение для преобразований, выделите переменную x и щелкните по строке **Convert to Partial Fraction** в меню **Symbolic**.

### Определение, построение таблиц значений и графиков функций




**Задание 5.** Постройте таблицу значений функции  $f(x) = x \cdot \sin \sqrt{|x|}$  на отрезке  $[0, 4\pi^2]$ .

Ниже приведен фрагмент рабочего документа MathCAD с соответствующими вычислениями.

$$f(x) := x \cdot \sin(\sqrt{|x|}) \quad i := 0..20 \quad x_i := i \cdot \frac{4 \cdot \pi^2}{20} \quad F_i := f(x_i)$$

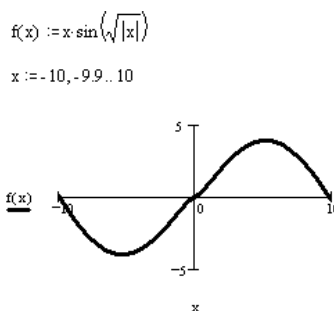
	0
0	0
1	1.947
2	3.611
3	3.852
4	2.571
5	$1.209 \cdot 10^{-15}$



1. Определите функцию  $f(x) = x \cdot \sin \sqrt{|x|}$ . Для этого введите с клавиатуры имя функции и имя аргумента, заключенное в круглые скобки, знак присваивания (нажмите на клавиатуре клавиши <Shift>+<ж>) и следом – выражение для функции.

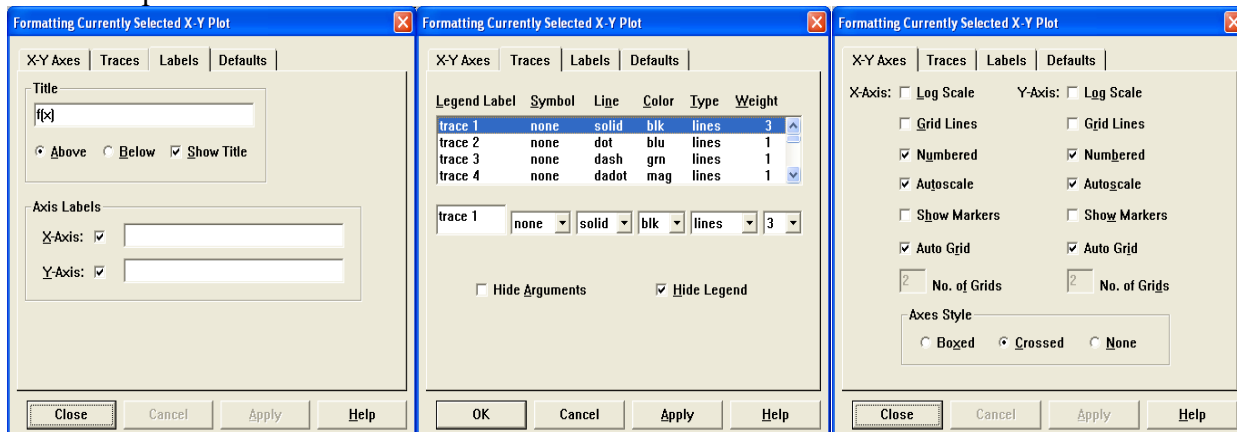
- Чтобы ввести знак квадратного корня, щелкните в панели калькулятора  по кнопке . Подкоренное выражение введите в позиции, указанной меткой. Знак абсолютной величины вводите аналогично, щелчком по кнопке .
- Определите диапазон изменения индекса  $i$  узлов сетки  $x_i$  на заданном отрезке. Для этого введите с клавиатуры:  $i := 0 ; 20$  (при вводе с клавиатуры символа  $<;>$  в рабочем документе отображается символ, разделяющий границы диапазона  $<.;>$ ).
- Определите узлы сетки  $x_i := i \cdot \frac{4 \cdot \pi^2}{20}$ , для этого введите с клавиатуры:  
 $x [ i <Пробел> := i * 4 * <Ctrl+ p> ^ 2 <Пробел...Пробел> / 20.$
- Определите матрицу-столбец  $F$  для хранения таблицы значений функции в узлах сетки  $F_i = f(x_i)$ . Для этого введите с клавиатуры:  
 $F [ i <Пробел> <Shift>+<ж> f ( x [ i <Пробел>).$
- Чтобы вывести таблицу значения функции на экран, введите с клавиатуры:  $F =$ . В рабочем документе появится таблица значений функции.
- Щелкните по полю таблицы – в рабочем документе откроется окно для просмотра всей таблицы со стрелками прокрутки.

**Задание 6.** Постройте график функции  $f(x) = x \cdot \sin \sqrt{|x|}$ .

Ниже приведен фрагмент рабочего документа MathCAD с соответствующими определениями и графиком.



- Определите функцию  $f(x)$ , как в предыдущем примере, щелкните по свободному месту в рабочем документе ниже определения функции  $f(x)$
- Затем щелкните по кнопке декартова графика  в панели графиков  и введите в позиции, указанной меткой возле оси абсцисс, имя аргумента  $x$ , а возле оси ординат имя функции –  $f(x)$ .
- Параметры изображения можно изменить, щелкнув дважды по полю графиков и определив параметры (вид отображения осей, толщину и цвет линии, надпись на графике). На рис. 1 изображены окна диалога с параметрами настройки графика, изображенного выше.

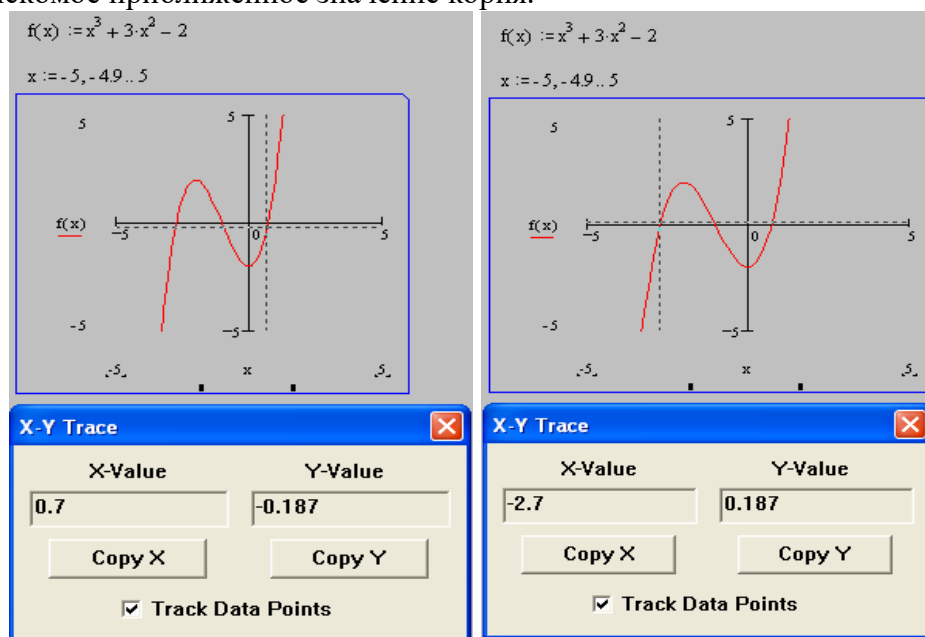


Окна диалога настройки параметров декартова графика

**Задание 7.** Решите графически уравнение  $f(x)=0$ ,  $f(x)=x^3 + 3x^2 - 2$ .

Фрагмент рабочего документа MathCAD с соответствующими определениями, графиками и окнами диалога приведен ниже.

1. Определите функцию  $f(x)$  и постройте ее график, действуя как в предыдущем примере.
2. Для того чтобы найти корни уравнения – абсциссы точек пересечения графика функции с осью  $y = 0$ , щелкните по строке **Trace** в меню **X-Y Plot**.
3. Затем щелкните по полю графиков и установите маркер (перекрещивающиеся пунктирные линии) в точке пересечения графика функции с осью абсцисс.
4. В окне диалога отображаются координаты маркера: значение координаты  $x$  в окне и есть искомое приближенное значение корня.



### Символьное решение уравнений и систем

**Задание 8.** Решите уравнение  $(x-1)^2 - (x-1)^3$

Символьное решение этого уравнения в MathCAD выглядит следующим образом.

$$(x-1)^2 - (x-1)^3$$

$$\begin{pmatrix} 2 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

**Замечание.** Введите выражение для преобразований, выделите переменную  $x$  и щелкните по строке **Solve for Variable** в меню **Symbolic**.

**Задание 9.** Решите систему уравнений

$$\begin{cases} x(z+1)^2 - 2z(x+z) = 0, \\ (1+x^2)\sqrt{y-2} - 2x^2 = 0, \\ \sqrt{y-2}(z-2) + z = 0. \end{cases}$$

1. Введите с клавиатуры ключевое слово **Given** (дано), затем ниже ключевого слова – левую часть первого уравнения системы.
2. Далее – символьный знак равенства, с помощью комбинации клавиш  $\langle \text{Ctrl} \rangle + \langle \Rightarrow \rangle$  и правую часть уравнения (ноль). Аналогично введите остальные два уравнения.
3. Ниже последнего уравнения системы введите имя функции **Find** (найти), перечислите в скобках имена переменных, значения которых нужно вычислить.

### Список литературы

1. Глушаков С.В. Математическое моделирование MathCAD 2000, MatLab 5: учебный курс / С.В. Глушаков, И.А. Жакин, Т.С. Хачиров. – Харьков. М.:Фолио: АСТ, 2001. – 524 с.
2. Дьяконов, В. Mathcad 2001: учебный курс; СПб: Питер - Москва, 2001. –624 с.
3. Кирьянов Дмитрий Mathcad 15/Mathcad Prime 1.0; БХВ-Петербург – Москва, 2012. – 432 с.
4. Лазарев Юрий Федорович Л17 Начала программирования в среде MatLAB: Учебное пособие. - К.: НТУУ "КПИ", 2003. - 424 с.