

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ
Северо-Кавказский филиал
ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Московский технический университет связи и информатики»

Кафедра Информатики и вычислительной техники

МУ к ПЗ 1

по дисциплине

Основы компьютерного моделирования

Ростов-на-Дону

2019

МУ к ПЗ 1
по дисциплине
Основы компьютерного моделирования

Для студентов заочной формы обучения
Направление подготовки - **09.03.01** «Информатика и
вычислительная техника»

Составитель: П.В. Лобзенко, доцент кафедры ИВТ
Рассмотрено и одобрено
на заседании кафедры ИВТ
Протокол от «26» августа 2019 г. № 1

МУ к ПЗ 1

Исследование имитационных моделей информационных систем. Исследование свойств имитационных моделей информационных вычислительных систем

1.1 Теоретическая часть

Как известно, многие уравнения и системы уравнений не имеют аналитических решений. В первую очередь это относится к большинству трансцендентных уравнений. Доказано также, что нельзя построить формулу, по которой можно было бы решить произвольное алгебраическое уравнение степени выше четвертой. Однако такие уравнения могут решаться численными методами с заданной точностью (не более значения заданного системной переменной TOL).

1.1.1 Численное решение нелинейного уравнения

Для простейших уравнений вида $f(x) = 0$ решение в Mathcad находится с помощью функции root (Рисунок 1).

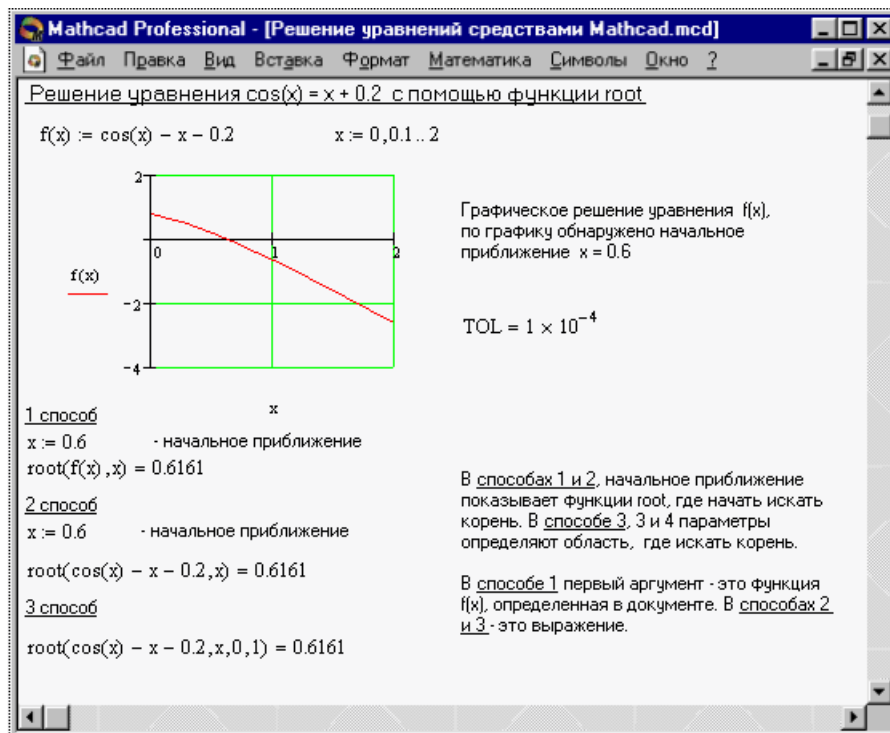


Рисунок 1

$root(f(x1, x2, \dots), x1, a, b)$

Возвращает значение $x1$, принадлежащее отрезку $[a, b]$, при котором выражение или функция $f(x)$ обращается в 0. Оба аргумента этой функции должны быть скалярами. Функция возвращает скаляр.

Аргументы:

$f(x_1, x_2, \dots)$ - функция, определенная где-либо в рабочем документе, или выражение.

Выражение должно возвращать скалярные значения.

x_1 - имя переменной, которая используется в выражении. Этой переменной перед использованием функции **root** необходимо присвоить числовое значение. Mathcad использует его как начальное приближение при поиске корня.

a, b - необязательны, если используются, то должны быть вещественными числами, причем $a < b$.

Приближенные значения корней (начальные приближения) могут быть:

1. Известны из физического смысла задачи.
2. Известны из решения аналогичной задачи при других исходных данных.
3. Найдены графическим способом.

Наиболее распространен графический способ определения начальных приближений.

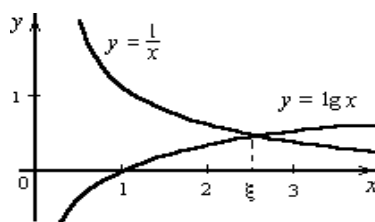
Принимая во внимание, что действительные корни уравнения $f(x) = 0$ - это точки пересечения графика функции $f(x)$ с осью абсцисс, достаточно построить график функции $f(x)$ и отметить точки пересечения $f(x)$ с осью Ox , или отметить на оси Ox отрезки, содержащие по одному корню. Построение графиков часто удается сильно упростить, заменив уравнение $f(x) = 0$ равносильным ему уравнением:

$$f_1(x) = f_2(x)$$

где функции $f_1(x)$ и $f_2(x)$ - более простые, чем функция $f(x)$. Тогда, построив графики функций $y = f_1(x)$ и $y = f_2(x)$, искомые корни получим как абсциссы точек пересечения этих графиков.

Пример. Графически отделить корни уравнения:

$$x \lg x = 1. \quad (1)$$



Уравнение (1) удобно переписать в виде равенства:

$$\lg x = 1/x.$$

Отсюда ясно, что корни уравнения (1) могут быть найдены как абсциссы точек пересечения логарифмической кривой $y = \lg x$ и гиперболы $y = 1/x$. Построив эти кривые, приближенно найдем единственный корень уравнения (1) или определим его содержащий отрезок $[2, 3]$.

Отсутствие сходимости функции root

Если после многих итераций Mathcad не находит подходящего приближения, то появится сообщение **Can't converge to a solution.** (отсутствует сходимость). Эта ошибка может быть вызвана следующими причинами:

- Уравнение не имеет корней.
- Корни уравнения расположены далеко от начального приближения.
- Выражение имеет локальные **max** и **min** между начальным приближением и корнями.
- Выражение имеет разрывы между начальными приближениями и корнями.
- Выражение имеет комплексный корень, но начальное приближение было вещественным.

Чтобы установить причину ошибки, исследуйте график $f(x)$. Он поможет выяснить наличие корней уравнения $f(x) = 0$ и, если они есть, то определить приблизительно их значения. Чем точнее выбрано начальное приближение корня, тем быстрее будет **root** сходиться.

Рекомендации по использованию функции root

- Для изменения точности, с которой функция **root** ищет корень, нужно изменить значение системной переменной **TOL**. Если значение **TOL** увеличивается, функция **root** будет сходиться быстрее, но ответ будет менее точен. Если значение **TOL** уменьшается, то функция **root** будет сходиться медленнее, но ответ будет более точен. Чтобы изменить значение **TOL** в

определенной точке рабочего документа, используйте определение вида. Чтобы изменить значение TOL для всего рабочего документа, выберите команду **Математика** \Rightarrow **Параметры...** \Rightarrow **Переменные** \Rightarrow **Допуск сходимости (TOL)**.

- Если два корня расположены близко друг от друга, следует уменьшить TOL, чтобы различить их.
- Если функция $f(x)$ имеет малый наклон около искомого корня, функция $\text{root}(f(x), x)$ может сходиться к значению t , отстоящему от корня достаточно далеко. В таких случаях для нахождения более точного значения корня необходимо уменьшить значение TOL. Другой

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

вариант заключается в замене уравнения $f(x) = 0$ на $g(x) = 0$

- Для выражения $f(x)$ с известным корнем a нахождение дополнительных корней $f(x)$ эквивалентно поиску корней уравнения $h(x) = f(x)/(x - a)$. Подобный прием полезен для нахождения корней, расположенных близко друг к другу. Проще искать корень выражения $h(x)$, чем пробовать искать другой корень уравнения $f(x) = 0$, выбирая различные начальные приближения.

Для нахождения корней выражения, имеющего вид

$$v_n x^n + \dots + v_2 x^2 + v_1 x + v_0,$$

лучше использовать функцию **polyroots**, нежели **root**. В отличие от функции **root**, функция **polyroots** не требует начального приближения и возвращает сразу все корни, как вещественные, так и комплексные.

Polyroots(v)

Возвращает корни полинома степени n . Коэффициенты полинома находятся в векторе v длины $n + 1$. Возвращает вектор длины n , состоящий из корней полинома.

Аргументы:

v - вектор, содержащий коэффициенты полинома.

Вектор v удобно создавать используя команду **Символы** \Rightarrow **Коэффициенты полинома**.

Рисунок 6 иллюстрирует определение корней полинома средствами Mathcad.

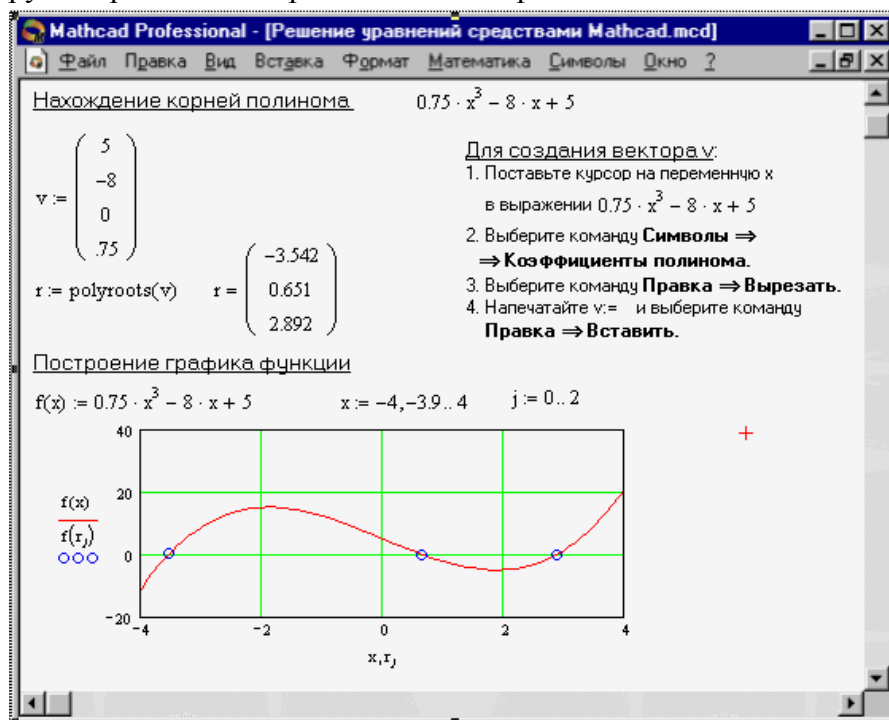


Рисунок 2

1.1.2 Решение систем уравнений

MathCAD дает возможность решать также и системы уравнений. Максимальное число уравнений и переменных равно 50. Результатом решения системы будет численное значение искомого корня.

Для решения системы уравнений необходимо выполнить следующее:

- Задать начальное приближение для всех неизвестных, входящих в систему уравнений. Mathcad решает систему с помощью итерационных методов.
- Напечатать ключевое слово Given. Оно указывает Mathcad, что далее следует система уравнений.
- Введите уравнения и неравенства в любом порядке. Используйте [Ctrl]= для печати символа =. Между левыми и правыми частями неравенств может стоять любой из символов <, >, и .
- Введите любое выражение, которое включает функцию Find, например: $a := \text{Find}(x, y)$.

Find(z1, z2, ...)

Возвращает точное решение системы уравнений. Число аргументов должно быть равно числу неизвестных.

Ключевое слово Given, уравнения и неравенства, которые следуют за ним, и какое-либо выражение, содержащее функцию Find, называют блоком решения уравнений.

Следующие выражения недопустимы внутри блока решения:

- Ограничения со знаком \neq .
- Дискретный аргумент или выражения, содержащие дискретный аргумент в любой форме.
- Неравенства вида $a < b < c$.

Блоки решения уравнений не могут быть вложены друг в друга, каждый блок может иметь только одно ключевое слово Given и имя функции Find.

Функция, которая завершает блок решения уравнений, может быть использована аналогично любой другой функции. Можно произвести с ней следующие три действия:

Можно вывести найденное решение, напечатав выражение вида:

$\text{Find}(\text{var1}, \text{var2}, \dots) =$

Определить переменную с помощью функции Find:

$a := \text{Find}(x)$ - скаляр,

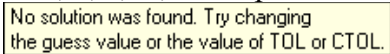
$\text{var} := \text{Find}(\text{var1}, \text{var2}, \dots)$ - вектор.

Это удобно сделать, если требуется использовать решение системы уравнений в другом месте рабочего документа.

Определить другую функцию с помощью Find

$f(a, b, c, \dots) := \text{Find}(x, y, z, \dots)$.

Эта конструкция удобна для многократного решения системы уравнений для различных значений некоторых параметров a, b, c, \dots , непосредственно входящих в систему уравнений.

Сообщение об ошибке  (Решение не найдено) при решении уравнений появляется, когда:

- Поставленная задача может не иметь решения.
- Для уравнения, которое не имеет вещественных решений, в качестве начального приближения взято вещественное число и наоборот.
- В процессе поиска решения последовательность приближений попала в точку локального минимума невязки. Для поиска искомого решения нужно задать различные начальные приближения.
- Возможно, поставленная задача не может быть решена с заданной точностью.

Попробуйте увеличить значение TOL.

Пример 1 Рисунка 7 иллюстрирует решение системы уравнений в MathCAD.

Решение матричных уравнений

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n = b_1, \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n = b_2, \\ \vdots \\ a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + \dots + a_{nn}x_n = b_n. \end{cases} \quad (2)$$
$$Ax = b, \quad (3)$$
$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1N} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2N} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{N1} & a_{N2} & \cdots & a_{NN} \end{bmatrix}, \quad x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \cdots \\ x_N \end{bmatrix}, \quad (4)$$
$$\begin{aligned} A^{-1}Ax &= A^{-1}b, \\ x &= A^{-1}b \end{aligned} \quad (5)$$

Формула (5) дает решение уравнения (3) и оно единственно.

Системы линейных уравнений удобно решать с помощью функции **Isolve**.

Isolve(A, b)

Возвращается вектор решения x такой, что $Ax = b$.

Аргументы:

A - квадратная, не сингулярная матрица.

b - вектор, имеющий столько же рядов, сколько рядов в матрице A .

На Рисунке 4 показано решение системы трех линейных уравнений относительно трех неизвестных.

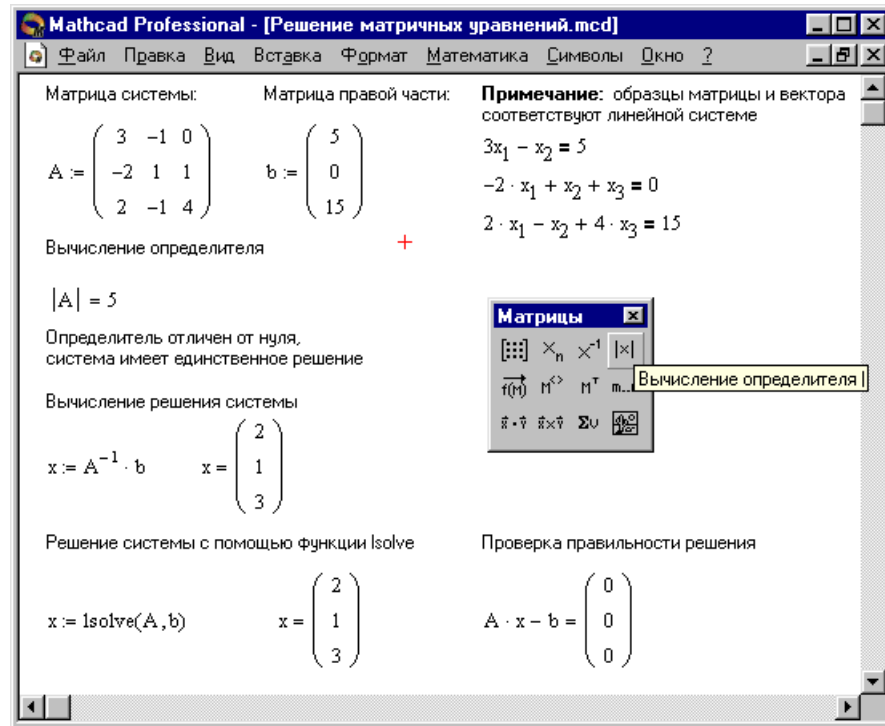


Рисунок 4.

Приближенные решения

Функция **Minerr** очень похожа на функцию **Find** (использует тот же алгоритм). Если в результате поиска не может быть получено дальнейшее уточнение текущего приближения к решению, **Minerr** возвращает это приближение. Функция **Find** в этом случае возвращает сообщение об ошибке. Правила использования функции **Minerr** такие же, как и функции **Find**.

Minerr(z1, z2, ...)

Возвращает приближенное решение системы уравнений. Число аргументов должно быть равно числу неизвестных.

Если **Minerr** используется в блоке решения уравнений, необходимо всегда включать дополнительную проверку достоверности результатов.

В Mathcad можно быстро и точно найти численное значение корня с помощью функции **root**. Но имеются некоторые задачи, для которых возможности Mathcad позволяют находить решения в символьном (аналитическом) виде.

Решение уравнений в символьном виде позволяет найти точные или приближенные корни уравнения:

Если решаемое уравнение имеет параметр, то решение в символьном виде может выразить искомый корень непосредственно через параметр. Поэтому вместо того, чтобы решать уравнение для каждого нового значения параметра, можно просто заменять его значение в найденном символьном решении.

Если нужно найти все комплексные корни полинома со степенью меньше или равной 4, символьное решение даст их точные значения в одном векторе или в аналитическом или цифровом виде.

Команда **Символы \Rightarrow Переменные \Rightarrow Вычислить** позволяет решить уравнение относительно некоторой переменной и выразить его корни через остальные параметры уравнения.

Чтобы решить уравнение символьно необходимо:

- Напечатать выражение (для ввода знака равенства используйте комбинацию клавиш [Ctrl]=).
- Выделить переменную, относительно которой нужно решить уравнение, щелкнув на ней мышью.
- Выбрать пункт меню **Символы \Rightarrow Переменные \Rightarrow Вычислить**.

Нет необходимости приравнивать выражение нулю. Если MathCAD не находит знака равенства, он предполагает, что требуется приравнять выражение нулю.

Чтобы решить систему уравнений в символьном виде, необходимо выполнить следующее:

- Напечатать ключевое слово Given.
- Напечатать уравнения в любом порядке ниже слова Given. Удостоверьтесь, что для ввода знака = используется [Ctrl]=.
- Напечатать функцию Find, соответствующую системе уравнений.
- Нажать [Ctrl]. (клавиша CTRL, сопровождаемая точкой). Mathcad отобразит символьный знак равенства \rightarrow .
- Щелкнуть мышью на функции Find.

Пример 2 Рисунка 7 иллюстрирует символьное решение системы уравнений в MathCAD.

1.2 Практическая часть. Задания

Упражнение 1. Построить график функции $f(x)$ (Таблица 1) и приблизительно определить один из корней уравнения. Решить уравнение $f(x) = 0$ с точностью $\epsilon = 10^{-4}$ с помощью встроенной функции Mathcad **root**;

Таблица 1. Варианты упражнения 1

№ варианта	$f(x)$	№ варианта	$f(x)$
1	$e^{x-1} - x^3 - x$ $x \in [0, 1]$	8	$0.25x^3 + x - 2$ $x \in [0, 2]$
2	$x - \frac{1}{3 + \sin(3.6x)}$ $x \in [0, 1]$	9	$\arccos \frac{1 - x^2}{1 + x^2} - x, x \in [2, 3]$
3	$\arccos x - \sqrt{1 - 0.3x^3}$ $x \in [0, 1]$	10	$3x - 4 \ln x - 5$ $x \in [2, 4]$
4	$\sqrt{1 - 0.4x^2} - \arcsin x$ $x \in [0, 1]$	11	$e^x - e^{-x} - 2$ $x \in [0, 1]$
5	$3x - 14 + e^x - e^{-x}$ $x \in [1, 3]$	12	$\sqrt{1 - x} - \operatorname{tg} x$ $x \in [0, 1]$
6	$\sqrt{2x^2 + 1.2} - \cos x - 1$ $x \in [0, 1]$	13	$1 - x + \sin x - \ln(1 + x)$ $x \in [0, 2]$
7	$\cos\left(\frac{2}{x}\right) - 2\sin\left(\frac{1}{x}\right) + \frac{1}{x}$ $x \in [1, 2]$	14	$x^5 - x - 0.2, x \in [1, 2]$

Упражнение 2. Для полинома $g(x)$ (Таблица 2) выполнить следующие действия:

с помощью команды **Символы \Rightarrow Коэффициенты полинома** создать вектор V , содержащий коэффициенты полинома;

- решить уравнение $g(x) = 0$ с помощью функции *polyroots*;
- решить уравнение символично, используя команду *Символы* \Rightarrow *Переменные* \Rightarrow *Вычислить*.

Таблица 2. Варианты упражнения 2

№ варианта	$g(x)$	№ варианта	$g(x)$
1	$x^4 - 2x^3 + x^2 - 12x + 20$	9	$x^4 + x^3 - 17x^2 - 45x - 100$
2	$x^4 + 6x^3 + x^2 - 4x - 60$	10	$x^4 - 5x^3 + x^2 - 15x + 50$
3	$x^4 - 14x^2 - 40x - 75$	11	$x^4 - 4x^3 - 2x^2 - 20x + 25$
4	$x^4 - x^3 + x^2 - 11x + 10$	12	$x^4 + 5x^3 + 7x^2 + 7x - 20$
5	$x^4 - x^3 - 29x^2 - 71x - 140$	13	$x^4 - 7x^3 + 7x^2 - 5x + 100$
6	$x^4 + 7x^3 + 9x^2 + 13x - 30$	14	$x^4 + 10x^3 + 36x^2 + 70x + 75$
7	$x^4 + 3x^3 - 23x^2 - 55x - 150$	15	$x^4 + 9x^3 + 31x^2 + 59x + 60$
8	$x^4 - 6x^3 + 4x^2 + 10x + 75$		

Упражнение 3. Решить систему линейных уравнений (Таблица 3):

1. используя функцию *Find*;
2. матричным способом и используя функцию *Isolve*.

Таблица 3. Варианты упражнения 3

№ варианта	Система линейных уравнений	№ варианта	Система линейных уравнений
1	$\begin{cases} 2x_1 + x_2 + 2x_3 + 3x_4 = 8 \\ 3x_1 + 3x_3 = 6 \\ 2x_1 - x_2 + 3x_4 = 4 \\ x_1 + 2x_2 - x_3 + 2x_4 = 4 \end{cases}$	9	$\begin{cases} 2x_1 + x_2 - 5x_3 + x_4 = -4 \\ x_1 - 3x_2 - 6x_4 = -7 \\ 2x_2 - x_3 + 2x_4 = 2 \\ x_1 + 4x_2 - 7x_3 + 6x_4 = -2 \end{cases}$
2	$\begin{cases} x_1 + 2x_2 + 3x_3 + 4x_4 = 22 \\ 2x_1 + 3x_2 + x_3 + 2x_4 = 17 \\ x_1 + x_2 + x_3 - x_4 = 8 \\ x_1 - 2x_3 - 3x_4 = -7 \end{cases}$	10	$\begin{cases} x_1 + 2x_2 + 3x_3 + 4x_4 = 26 \\ 2x_1 + 3x_2 + 4x_3 + x_4 = 34 \\ 3x_1 + 4x_2 + x_3 + 2x_4 = 26 \\ 4x_1 + x_2 + 2x_3 + 3x_4 = 26 \end{cases}$
3	$\begin{cases} 9x_1 + 10x_2 - 7x_3 - x_4 = 23 \\ 7x_1 - x_3 - 5x_4 = 37 \\ 5x_1 - 2x_3 + x_4 = 22 \\ 4x_1 + x_2 + 2x_3 + 3x_4 = 26 \end{cases}$	11	$\begin{cases} 2x_1 - 8x_2 - 3x_3 - 2x_4 = -18 \\ x_1 - 2x_2 + 3x_3 - 2x_4 = 28 \\ x_2 + x_3 + x_4 = 10 \\ 11x_2 + x_3 + 2x_4 = 21 \end{cases}$
4	$\begin{cases} 6x_1 - x_2 + 10x_3 - x_4 = 158 \\ 2x_1 + x_2 + 10x_3 + 7x_4 = 128 \\ 3x_1 - 2x_2 - 2x_3 - x_4 = 7 \\ x_1 - 12x_2 + 2x_3 - x_4 = 17 \end{cases}$	12	$\begin{cases} 2x_1 - x_2 + 4x_3 + x_4 = 66 \\ 2x_2 - 6x_3 + x_4 = -63 \\ 8x_1 - 3x_2 + 6x_3 - 5x_4 = 146 \\ 2x_1 - 7x_2 + 6x_3 - x_4 = 80 \end{cases}$
5	$\begin{cases} x_1 - 2x_2 + 6x_3 + x_4 = 88 \\ 5x_1 + 2x_3 - 3x_4 = 88 \\ 7x_1 - 3x_2 + 7x_3 + 2x_4 = 181 \\ 3x_1 - 7x_2 + 5x_3 + 2x_4 = 99 \end{cases}$	13	$\begin{cases} 2x_1 - 3x_3 - 2x_4 = -16 \\ 2x_1 - x_2 + 13x_3 + 4x_4 = 213 \\ 3x_1 + x_2 + 2x_3 + x_4 = 72 \\ x_1 - 12x_3 - 5x_4 = -159 \end{cases}$
6	$\begin{cases} x_1 - 2x_2 - 8x_4 = -7 \\ x_1 + 4x_2 - 7x_3 + 6x_4 = -8 \\ x_1 + x_2 - 5x_3 + x_4 = -10 \\ 2x_1 - x_2 + 2x_4 = 7 \end{cases}$	14	$\begin{cases} 7x_1 + 7x_2 - 7x_3 - 2x_4 = 5 \\ 3x_1 + 4x_2 + 5x_3 + 8x_4 = 60 \\ 2x_1 + 2x_2 + 2x_3 + x_4 = 27 \\ 2x_1 - 2x_3 - x_4 = -1 \end{cases}$
7	$\begin{cases} 2x_1 + 2x_2 + 6x_3 + x_4 = 15 \\ -x_2 + 2x_3 + x_4 = 18 \\ 4x_1 - 3x_2 + x_3 - 5x_4 = 37 \\ 3x_1 - 5x_2 + x_3 - x_4 = 30 \end{cases}$	15	$\begin{cases} 6x_1 - 9x_2 + 5x_3 + x_4 = 124 \\ 7x_2 - 5x_3 - x_4 = -54 \\ 5x_1 - 5x_2 + 2x_3 + 4x_4 = 83 \\ 3x_1 - 9x_2 + x_3 + 6x_4 = 45 \end{cases}$

8	$\begin{cases} 4x_1 - 5x_2 + 7x_3 + 5x_4 = 165 \\ 2x_1 + x_2 - 3x_3 - x_4 = -15 \\ 9x_1 + 4x_3 - x_4 = 194 \\ x_1 - x_2 - 2x_3 - 3x_4 = -19 \end{cases}$		
---	--	--	--

Упражнение 4. Преобразовать нелинейные уравнения системы из Таблицы 4 к виду: $f_1(x) = y$ и $f_2(y) = x$. Построить их графики и определить начальное приближение решения. Решить систему нелинейных уравнений с помощью функции *Minerr*.

Таблица 4. Варианты упражнения 4

№ варианта	Система нелинейных уравнений	№ варианта	Система нелинейных уравнений
1	$\begin{cases} \sin x + 2y = 2, \\ \cos(y - 1) + x = 0,7. \end{cases}$	9	$\begin{cases} \sin y + x = -0,4, \\ 2y - \cos(x + 1) = 0. \end{cases}$
2	$\begin{cases} \sin(x + 0,5) - y = 1, \\ \cos(y - 2) + x = 0. \end{cases}$	10	$\begin{cases} \sin(x + 2) - y = 1,5, \\ \cos(y - 2) + x = 0,5. \end{cases}$
3	$\begin{cases} \cos x + y = 1,5, \\ 2x - \sin(y - 0,5) = 1. \end{cases}$	11	$\begin{cases} \cos(x + 0,5) - y = 2, \\ \sin y - 2x = 1. \end{cases}$
4	$\begin{cases} \cos(x + 0,5) + y = 0,8, \\ \sin y - 2x = 1,6. \end{cases}$	12	$\begin{cases} \cos(x - 2) + y = 0, \\ \sin(y + 0,5) - x = 1. \end{cases}$
5	$\begin{cases} \sin(x - 1) = 1,3 - y, \\ x - \sin(y + 1) = 0,8. \end{cases}$	13	$\begin{cases} \cos(x + 0,5) + y = 1, \\ \sin(y + 0,5) - x = 1. \end{cases}$
6	$\begin{cases} \cos(x + 0,5) + y = 1, \\ \sin y - 2x = 2. \end{cases}$	14	$\begin{cases} \sin(x) - 2y = 1, \\ \cos(y + 0,5) - x = 2. \end{cases}$
7	$\begin{cases} -\sin(x + 1) + y = 0,8, \\ \sin(y - 1) + x = 1,3. \end{cases}$	15	$\begin{cases} 2y - \sin(x - 0,5) = 1, \\ \cos(y) + x = 1,5. \end{cases}$
8	$\begin{cases} \sin(x) - 2y = 1, \\ \sin(y - 1) + x = 1,3. \end{cases}$		

Упражнение 5. Символьно решить системы уравнений:

$$\begin{cases} 3x + 4\pi y = a, \\ 2x + y = b. \end{cases} \quad \begin{cases} 2y - \pi z = a, \\ \pi z - z = b, \\ 3y + x = c. \end{cases}$$

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите способы нахождения начального приближения.
2. Какие функции для решения одного уравнения в MathCAD вы знаете? В чем их отличие?
3. Какие аргументы функции root не обязательны?
4. В каких случаях MathCAD не может найти корень уравнения?
5. Какая системная переменная отвечает за точность вычислений?
6. Как изменить точность, с которой функция root ищет корень?
7. Как системная переменная TOL влияет на решение уравнения с помощью функции root?

8. Назовите функции для решения систем уравнений в MathCAD и особенности их применения.
9. Опишите структуру блока решения уравнений.
10. Какой знак равенства используется в блоке решения? Какой комбинацией клавиш вставляется в документ?
11. Какие выражения не допустимы внутри блока решения уравнения?
12. Опишите способы использования функции Find.
13. В каких случаях MathCAD не может найти решение системы уравнений?
14. Дайте сравнительную характеристику функциям Find и Minerr.
15. Какие уравнения называются матричными?
16. Как решать матричные уравнения? Назовите способы решения матричных уравнений.
17. Как символьно решить уравнение или систему уравнений в MathCAD? Какой знак равенства используется? Какой комбинацией клавиш вставляется в документ?
18. Назовите особенности использования символьного решения уравнений.

Список использованных источников

1. Mathcad 6.0 Plus. Финансовые, инженерные и научные расчеты в среде Windows 95./Перевод с англ. - М.: Информационно-издательский дом "Филинь", 1996. -712 с.
2. Дьяконов В.П. Справочник по MathCAD PLUS 6.0 PRO. - М.: "СК Пресс", 1997. - 336 с.: ил.
3. Дьяконов В.П., Абраменкова И.В. MathCAD 8 PRO в математике, физике и Internet. - М.: "Нолидж", 2000. - 512 с.: ил.
4. Кудрявцев Е.М. MathCAD 2000 Pro. - М.: ДМК Пресс, 2001. - 576 с.: ил.
5. Очков В.Ф. Mathcad 7 Pro для студентов и инженеров. - М.: КомпьютерПресс, 1998. - 384 с.: ил.
6. Плис А.И., Сливина Н.А. Mathcad 2000. Лабораторный практикум по высшей математике. - М.: Высш. шк., 2000. - 716 с.: ил.
7. Ханова А.А., Макарова И.Г. Лабораторный практикум по математическому моделированию и методам в расчетах на ЭВМ. - Астрахань: Изд-во АГТУ, 1998. - 93 с.
8. Ханова А.А. Численное решение уравнений и систем. - Астрахань: Изд-во АГТУ, 2001. - 44 с.
9. Ханова А.А. Символьные вычисления в среде MathCAD. - Астрахань: Изд-во АГТУ, 2001. - 34 с.