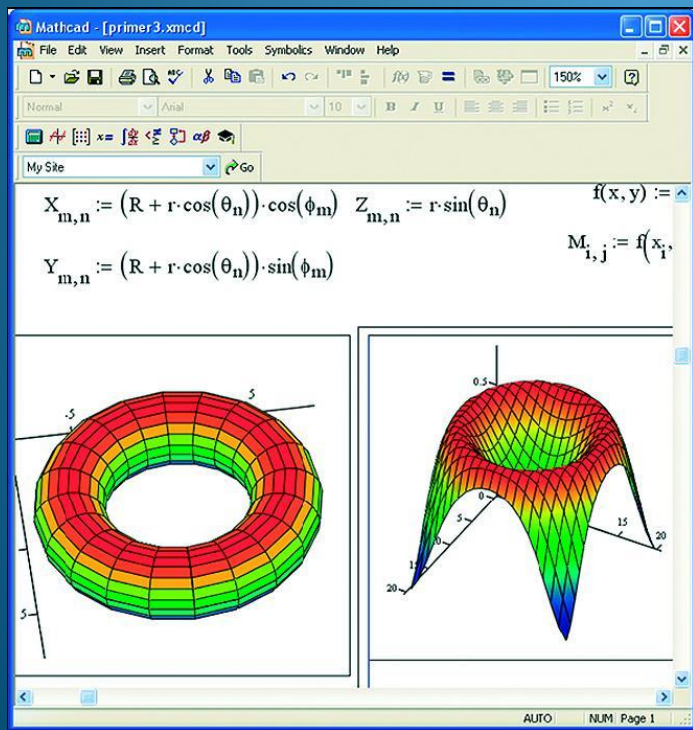


# Реализация ММ в Mathcad

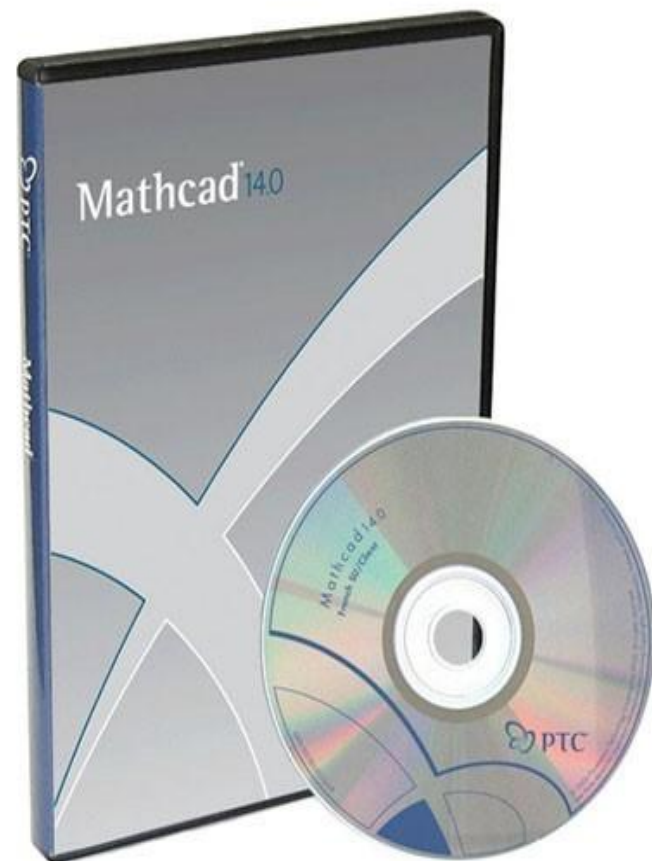


2019

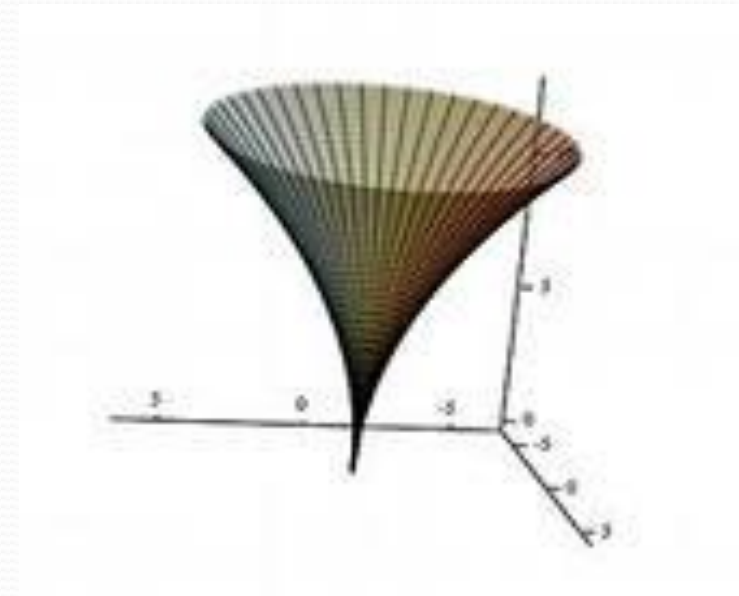
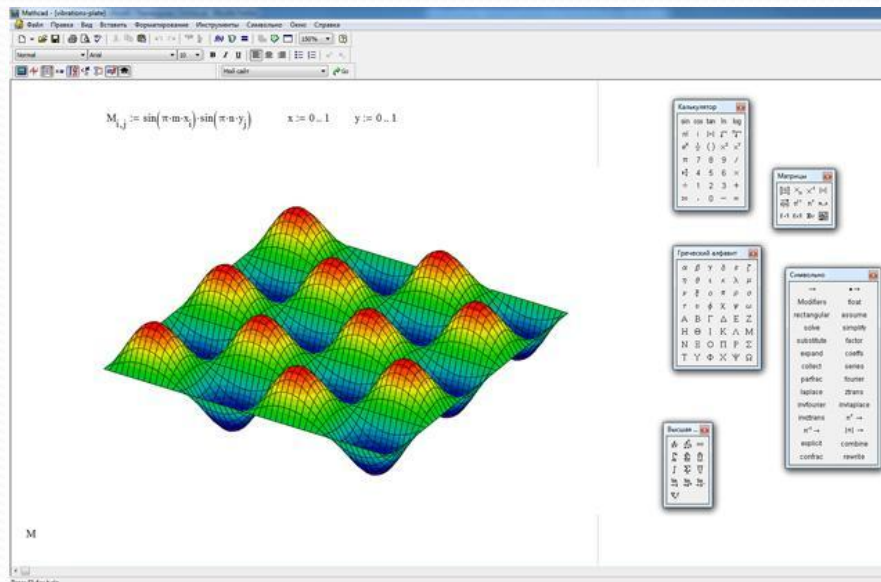
# Определение программ

*Mathcad* — система компьютерной алгебры из класса систем автоматизированного проектирования, ориентированная на подготовку интерактивных документов с вычислениями и визуальным сопровождением, отличается легкостью использования и применения для коллективной работы.

*Mathcad* содержит сотни операторов и встроенных функций для решения различных технических



Mathcad был задуман и первоначально написан Алленом Раздовом из Массачусетского технологического института (MIT), соучредителем компании Mathsoft, которая с 2006 года является частью корпорации PTC (Parametric Technology Corporation).



# Версии

- **Mathcad 1.0-5.xx**

**Mathcad 6**

**Mathcad 7**

**Mathcad 8**

**Mathcad 2000 (версия 9)**

**Mathcad 2001 (версия 10)**

**Mathcad 2001i (“интерактивный”)**

**Mathcad 11-11.2a**

**Mathcad 12**

**Mathcad 13-13.1**

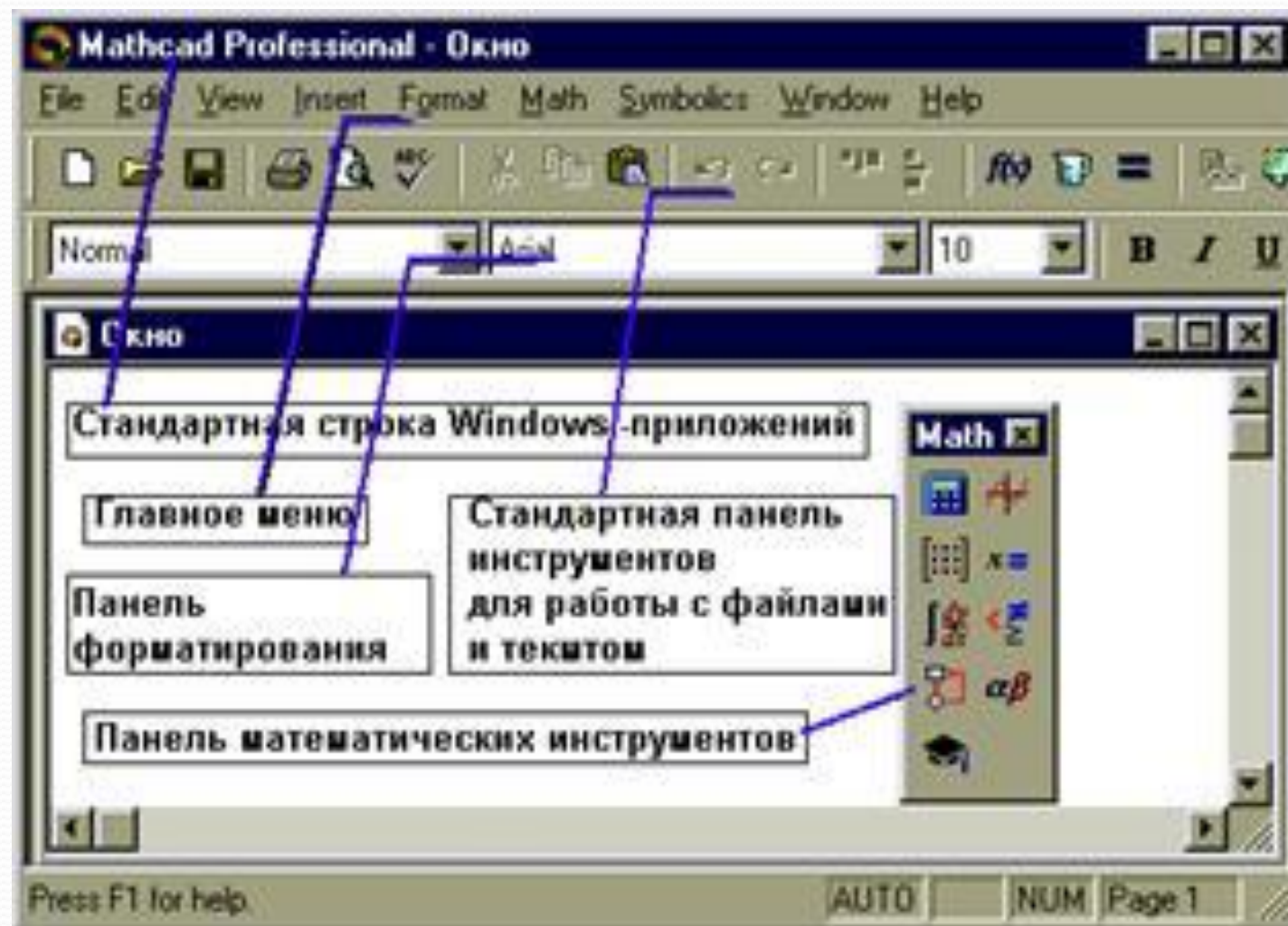
**Mathcad 14**

**Mathcad 15**

**Mathcad Prime 1.0**







## Главное меню системы

Вторая строка окна системы - главное меню. Назначение его команд приведено ниже:



File (Файл) – работа с файлами, сетью интернет и электронной почтой;

Edit (Правка) – редактирование документов;

View (Обзор) – изменение средств обзора;

Options (Параметры) - позволяет задавать параметры вычислений










Symbolik (Символика) – выбор операций символьного процессора;

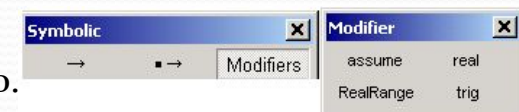

Window (Окно) – управление окнами системы;

Help (?) – работа со справочной базой данных о системе; Mathcad

Help (Справка по MathCAD) - содержит три вкладки: Содержание - справка упорядочена по темам; Указатель - предметный указатель; Поиск - находит нужное понятие при вводе его в форму.

Наибольший интерес для нас в системе MathCAD представляет математическая панель. Она содержит перемещаемые палитры математических знаков, которые служат для ввода практически всех известных математических символов и шаблонов операторов и функций.

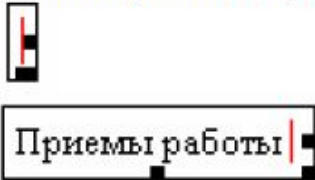
1.  **Calculator** – служит для ввода арифметических операций и часто используемых простых функций. Эта палитра фактически дублирует обычный калькулятор.
2.  **Graph** – содержит команды для построения семи типов графиков.
3.  **Matrix** – для создания векторов и матриц и некоторые операции для работы с ними.
4.  **Evaluat...** – для вставки операторов управления вычислениями и для вставки пользовательских операторов.
5.  **Calculus** – эта палитра содержит операции высшей математики (производные, интегралы, пределы и др.), а также знак бесконечности  $\infty$ .
6.  **Boolean** – для вставки операций сравнения и логических операций Not, And, Or.
7.  **Programming** – инструменты программирования системы MathCAD.
8.  **Greek** – палитра для набора греческих символов.
9.  **Symbolic** – содержит ключевые слова, управляющие символьными вычислениями.

10.  эта панель вместе с панелью  содержит ключевые слова, используемые при символьных вычислениях. Здесь расположены команды, задающие тип символьной переменной.



№	Наименование	Пояснения	Так будет на экране	Так нужно набирать
1. Общие приемы				
1	Курсор	Указывает позицию ввода с клавиатуры. Перемещается клавишами <b>ENTER</b> и стрелочными клавишами	+	Щелчком левой кнопки мыши
2	Объекты MathCAD, операции с ними	<p>Формула или ее часть</p> <p>Группа объектов для проведения общих действий (перемещение, копирование, удаление...).</p> <p>Копировать: &lt;Ctrl&gt;+&lt;C&gt;          Вырезать: &lt;Ctrl&gt;+&lt;X&gt;          Вставлять из буфера: &lt;Ctrl&gt;+&lt;V&gt;</p>	$f(x,y) := \sin(x^2) + \cos(\sqrt{y})$ $\begin{array}{l} x := 3 \quad y := 7 \\ \text{given} \\ 2 \cdot x + 6 \cdot y = 8 \\ 3 \cdot x - 7 \cdot y = 11 \\ z := \text{Find}(x,y) \\ x = 3 \quad y = 7 \end{array}$	<p>Охват синим контуром появляется автоматически. При необходимости область охвата расширяется клавишей <b>ПРОБЕЛ</b></p> <p>Обводка контура мышью при нажатой левой кнопке мыши. После этого можно копировать, перетаскивать мышью, удалять</p>

№	Наименование	Пояснения	Так будет на экране	Так нужно набирать
3	Идентификаторы простых переменных	Латинские, греческие или русские буквы, цифры. Можно показать часть идентификатора на 0.5 строки ниже (для красоты). Строчные и прописные литеры <b>различаются</b>	X x R1 R <sub>1</sub> (набор единицы через «косметическую» точку. Это <b>НЕ</b> индекс!)	R точка 1
4	Греческие буквы	Часто используются как идентификаторы	$\tau$ $\delta$	Ввести похожую латинскую букву, затем нажать <Ctrl>+<g> Или из меню <b>View-Toolbars-Greek</b>
5	Операция присваивания	<b>Идентификатор := значение</b> Область действия – <i>правее</i> и/или <i>ниже</i> оператора присваивания, до строки присваивания этому оператору нового значения	R <sub>1</sub> := 12	Клавишей <b>ДВОЕТОЧИЕ</b>
6	Операция присваивания глобального значения	<b>Идентификатор <math>\equiv</math> значение</b> Область действия – весь лист MathCAD, независимо от места на листе, где это присваивание осуществлено	X $\equiv$ 15	Из меню <b>View-Toolbars-Evaluation</b> , иконка со знаком $\equiv$

№	Наименование	Пояснения	Так будет на экране	Так нужно набирать
7	Вставка текста (комментариев)	В среде MathCAD можно создавать описания, методические указания, электронные книги. Текст нужно вводить в специальные области (называются text regions– текстовые регионы)		Нажать клавишу <b>КАВЫЧКИ</b> и набирать текст как обычно в текстовом редакторе. Или из меню <b>Insert-Text Regions</b>
8	Вставка формул в текстовый регион	Можно вписывать «живые» формулы прямо в поясняющий текст	<div> <div>Приемы работы:  </div> <div>Приемы работы: <math>z := e^{-x}</math></div> <div>Область текста</div> <div>Область формулы</div> </div>	Находясь в области текста, из меню <b>Insert-Math Region</b>

## 2. Арифметические, алгебраические и логические операторы

1	Знаки алгебраических действий	<p>Умножение</p> <p>Деление</p> <p>Возведение числа или матрицы в степень</p> <p>Извлечение корня</p> <p>Абсолютное значение числа</p>	<p>.</p> <p><math>\frac{1}{2}</math></p> <p><math>2^n</math></p> <p><math>\sqrt{\quad}</math> Слот для ввода числа</p> <p><math> \quad </math></p>	<p>*</p> <p>1/2</p> <p>2^n</p> <p>\</p> <p>shift  </p>
2	Знаки отношения	<p>Больше или равно</p> <p>Меньше или равно</p> <p>Не равно</p> <p>Равно (знак для уравнений, условий...), <b>жирный</b> знак равенства</p>	<p><math>\geq</math></p> <p><math>\leq</math></p> <p><math>\neq</math></p> <p><math>=</math></p> <p>Жирный знак равенства</p>	<p>&lt;Ctrl&gt;+&lt;&gt;&gt;</p> <p>&lt;Ctrl&gt;+&lt;(&gt;</p> <p>&lt;Ctrl&gt;+&amp;lt3&gt;</p> <p>&lt;Ctrl&gt;+&lt;=&gt;</p>
3	Число $\pi$	В расчетах MathCAD автоматически воспринимает $\pi$ как 3.1415926	$\pi$	Набрать латинскую букву p (строчную) и нажать <Ctrl>+<g>
4	Число e (основание натуральных логарифмов)	В расчетах MathCAD автоматически воспринимает e как 2.718281828	e, можно exp	Обычный набор латинских букв
5	Комплексные числа	В MathCAD реализована алгебра комплексных чисел	$\alpha := 0.5 \quad \beta := -5$ $y := \alpha + i \cdot \beta$	$y : a <Ctrl>+<g> + 1i \cdot b$ <Ctrl>+<g> 1i набирается без пробела



3. Переменные с индексами (элементы массива, область значений аргументов функций)																						
1	Присваивание области определения переменных	Определяется диапазон изменения переменной с указанием шага. Если шаг не указать, то по умолчанию MathCAD считает его равным 1	$x := 0, 0.01 \dots 10$ $Y := Y_{\min}, Y_{\min} + \Delta Y \dots Y_{\max}$ $j := 0 \dots N$	Идентификатор <b>ДВОЕТОЧИЕ</b> начальное значение <b>ЗАПЯТАЯ</b> шаг <b>ТОЧКА_С_ЗАПЯТОЙ</b> конечное значение Если нужен шаг, равный 1, то Идентификатор <b>ДВОЕТОЧИЕ</b> начальное значение <b>ТОЧКА_С_ЗАПЯТОЙ</b> конечное значение																		
2	Индексы массива	Если массив – вектор, указывается только номер элемента. Если массив двумерный или массив является строкой, нужно указать два индекса. Нумерация индексов – с <b>нуля</b>	$i := 0 \dots 23$ $j := 0 \dots 100$ $X_j := 2 \cdot j$ $A_{i,j} := \frac{j}{i+1}$	Идентификатор <b>КВАДРАТНАЯ ОТКРЫВАЮЩАЯ СКОБКА</b> [ индексы через <b>ЗАПЯТЫЕ</b>																		
3	Вывод таблицы значений элементов массива	Массив выводится в форме таблицы. Если таблица имеет больше строк, чем принято по умолчанию (15), автоматически появляется линейка прокрутки	$x := 0, 0.1 \dots 1$ $y(x) := \sin(x)$  <table><tr><td>x =</td><td>y(x) =</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0.1</td><td>0.1</td></tr><tr><td>0.2</td><td>0.199</td></tr><tr><td>0.3</td><td>0.296</td></tr><tr><td>0.4</td><td>0.389</td></tr><tr><td>0.5</td><td>0.479</td></tr><tr><td>0.6</td><td>0.565</td></tr><tr><td>0.7</td><td>0.644</td></tr></table>	x =	y(x) =	0	0	0.1	0.1	0.2	0.199	0.3	0.296	0.4	0.389	0.5	0.479	0.6	0.565	0.7	0.644	x <b>ДВОЕТОЧИЕ</b> 0 <b>ЗАПЯТАЯ</b> 0.1 <b>ТОЧКА_С_ЗАПЯТОЙ</b> 1 y(x) <b>ДВОЕТОЧИЕ</b> sin(x)  x =      y(x) =
x =	y(x) =																					
0	0																					
0.1	0.1																					
0.2	0.199																					
0.3	0.296																					
0.4	0.389																					
0.5	0.479																					
0.6	0.565																					
0.7	0.644																					



#### 4. Шаблоны операторов математического анализа

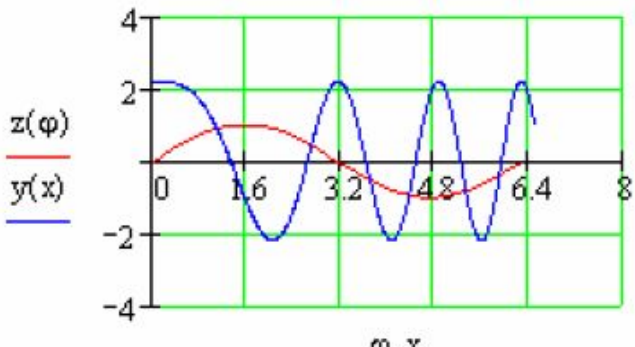
1	Знаки операций математического анализа	<p>Шаблон производной</p> $\frac{d}{dx}$ <p>Шаблон неопределенного интеграла</p> $\int dx$ <p>Шаблон определенного интеграла</p> $\int_a^b dx$ <p>Шаблон предела</p> $\lim_{x \rightarrow a}$ <p>Шаблон суммы</p> $\sum_{i=1}^n$	<p>&lt;Shift&gt;+&lt;?&gt; Или Меню <b>View-Toolbars-Calculus</b> -иконка со значком производной</p> <p>&lt;Ctrl&gt;+&lt;i&gt; Или Меню <b>View-Toolbars-Calculus</b> -иконка со значком интеграла</p> <p>&lt;Shift&gt;+&lt;&amp;&gt; Или Меню <b>View-Toolbars-Calculus</b> -иконка со значком интеграла</p> <p>&lt;Ctrl&gt;+&lt;L&gt; Меню <b>View-Toolbars-Calculus</b> -иконка со значком lim</p> <p>&lt;Ctrl&gt;+&lt;Shift&gt;+&lt;4&gt; Меню <b>View-Toolbars-Calculus</b> -иконка со значками <math>\Sigma</math></p>
---	--	--	--

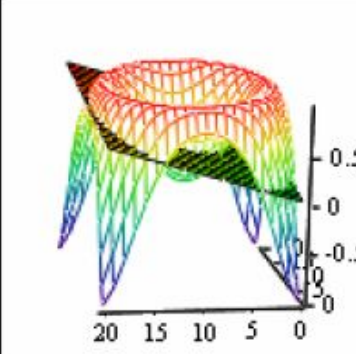
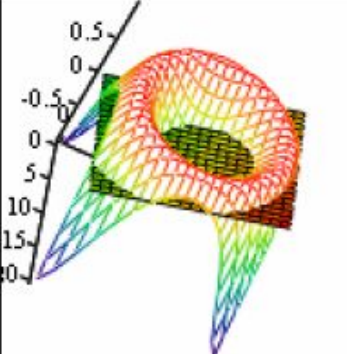
## 5. Шаблоны для матричной алгебры

1	Знаки матричной алгебры	<p>Шаблон матрицы</p> $A := \begin{pmatrix} \blacksquare & \blacksquare & \blacksquare \\ \blacksquare & \blacksquare & \blacksquare \end{pmatrix}$ <p>Транспонирование</p> $A := \begin{pmatrix} 1 & 3 & 4 \\ 2 & 8 & 6 \end{pmatrix} \quad A^T = \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 8 \\ 4 & 6 \end{pmatrix}$ <p>Выделение одного из столбцов матрицы в форме вектора. Нумерация столбцов матрицы – с нуля.</p> $A := \begin{pmatrix} 1 & 3 & 4 \\ 2 & 8 & 6 \end{pmatrix} \quad A^{\langle 0 \rangle} = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$ $A^{\langle 1 \rangle} = \begin{pmatrix} 3 \\ 8 \end{pmatrix} \quad A^{\langle 2 \rangle} = \begin{pmatrix} 4 \\ 6 \end{pmatrix}$ <p>Длина вектора</p> $V := \begin{pmatrix} 3 \\ 4 \end{pmatrix} \quad  V  = 5$ <p>Определитель квадратной матрицы</p> $A := \begin{pmatrix} 1 & 3 & 4 \\ 2 & 8 & 1 \\ -7 & -9 & -12 \end{pmatrix} \quad  A  = 116$	<p>&lt;Ctrl&gt;+&lt;m&gt; или меню <b>Insert- Matrix</b>. В окошке указать число строк (rows) и столбцов (columns)</p> <p>Идентификатор матрицы охватить синим контуром, нажать &lt;Ctrl&gt;+&lt;1&gt;</p> <p>Набрать идентификатор матрицы, затем &lt;Ctrl&gt;+&lt;^&gt;</p> <p>Набрать идентификатор вектора, затем &lt;Shift&gt;+ &lt; &gt;</p> <p>Набрать идентификатор матрицы, затем &lt;Shift&gt;+ &lt; &gt;</p>
---	-------------------------	---	---

## 6. Часто употребляющиеся функции

1	Тригонометрические функции	$\sin(x)$ , $\cos(x)$ , $\tan(x)$ (тангенс). По умолчанию область определения тангенса – от $-\frac{\pi}{2}$ до $+\frac{\pi}{2}$ , область определения функций синус и косинус – от 0 до $2\cdot\pi$		
2	Логарифмы с заданным основанием	По умолчанию основание полагается равным 10	<p>Основание</p> <p><math>z := \log(10, 2)</math>      <math>u := \log(2)</math>      Основание=10 по умолчанию</p> <p>Число, логарифм которого нужно определить</p>	
3	Экспоненциальная функция	Для ее ввода не требуется задавать числовое значение основанию натуральных логарифмов	$e^{-0.1 \cdot x}$ или $\exp(x)$	Для набора степени используйте клавиши <b>&lt;Shift&gt;+&lt;^&gt;</b>

1	<p>График плоскостной.  <i>Пример:</i> построить на одном рисунке графики функций</p> $z(\varphi) := \sin(\varphi)$ $y(x) := 2.2 \cdot \cos(\sqrt{x}^{3.2})$	<p>Нужно задать область изменения аргумента функции. На одном графике можно показывать разные функции одного или разных аргументов. График можно форматировать щелчком левой кнопки мыши по его полю</p>	$z(\varphi) := \sin(\varphi) \quad y(x) := 2.2 \cdot \cos(\sqrt{x}^{3.2})$ $\varphi := 0, 0.1 \cdot \pi \dots 2 \cdot \pi \quad x := 0, 0.01 \dots 6.5$ <p>Шаблон графика выводится клавишами shift 2 или из меню Insert - Graph- XY Plot</p> 
---	--	--	--

2	<p>График двумерный</p> <p><i>Пример:</i> построить на одном рисунке графики функций</p> $f(x,y) := \sin(x^2 + y^2)$ $Z(X,Y) := 0.1 \cdot X + 0.2 \cdot Y + 0.5$ <p>для областей определения аргументов:</p> $-1.5 \leq x \leq 1.5 \quad -1.5 \leq y \leq 1.5$ $-1.5 \leq X \leq 1.5 \quad -1.5 \leq Y \leq 1.5$	<p>Нужно задать целочисленные индексы, с помощью которых образовать массивы данных о значениях функций в ряде точек внутри области определения их аргументов.</p> <p>График можно форматировать щелчком левой кнопки мыши по его полю.</p> <p>Готовый график можно рассматривать под различными ракурсами (на рисунке показаны 2 ракурса)</p>	<p>Функции</p> $f(x,y) := \sin(x^2 + y^2) \quad Z(X,Y) := 0.1 \cdot X + 0.2 \cdot Y + 0.5$ <p>Индексы</p> $i := 0..20 \quad j := 0..20$ <p>Области определения аргументов</p> $x_i := -1.5 + 0.15 \cdot i \quad X_i := -1.5 + 0.15 \cdot i$ $y_j := -1.5 + 0.15 \cdot j \quad Y_j := -1.5 + 0.15 \cdot j$ <p>Массивы точек графика</p> $F_{i,j} := f(x_i, y_j) \quad P_{i,j} := Z(X_i, Y_j)$ <p>Шаблон графика выводится клавишами Ctrl 2 или из Меню Insert-Graph-Surface Plot</p>
			<div data-bbox="1033 835 1410 1206">  </div> <div data-bbox="1449 835 1816 1206">  </div> <div data-bbox="1033 1235 1410 1320"> <p>F,P</p> <p>Идентификаторы массивов</p> </div> <div data-bbox="1449 1235 1816 1320"> <p>F,P</p> </div>

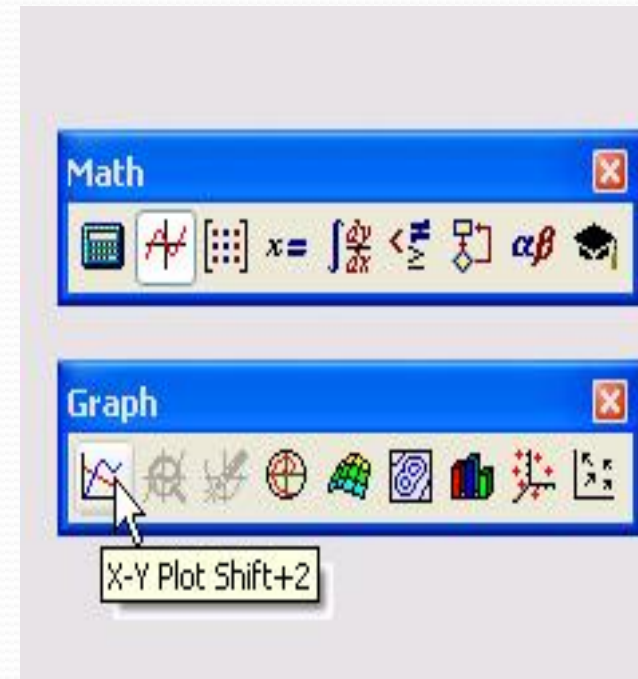


# Графики в Mathcad

Одним из многих достоинств Mathcad является легкость построения графиков.

Панель графиков вызывается нажатием кнопки с изображением графиков на математической панели. На ней расположено девять кнопок с изображениями различных типов графиков:

**X-Y Plot, Polar Plot, 3D Bar Chart, Surface Plot, Counter Plot, Vector Field Plot, 3D Scatter Plot**



# Виды графиков в Mathcad

- *X-Y Plot* - графики в декартовых координатах
- *Polar Plot* - графики в полярных координатах
- *3D Bar Chart* - столбиковые диаграммы
- *Surface Plot* - трехмерный график
- *Cunter Plot* - карта линий уровня (изолинии)
- *Vector Field Plot* - векторное поле
- *3D Scatter* - трехмерный точечный график.



# Для правильного построения графика необходимо соблюдать алгоритм выполнения работы

1

Набрать  
условия  
задания

2

Выписать  
пределы  
и все  
возможн  
ые  
ограниче  
ния  
функции

3

Вызвав  
панель  
графиков,  
нажать на  
кнопку с  
изображени  
ем данного  
графиков.  
Появятся  
два  
(или более)  
вложенных  
друг в друга  
квадрата,  
внутри  
которых  
есть

несколько  
точек

4

В  
появившем  
ся графике  
нужно  
подвести  
курсор к  
точкам  
графика и  
ввести  
данные на  
оси

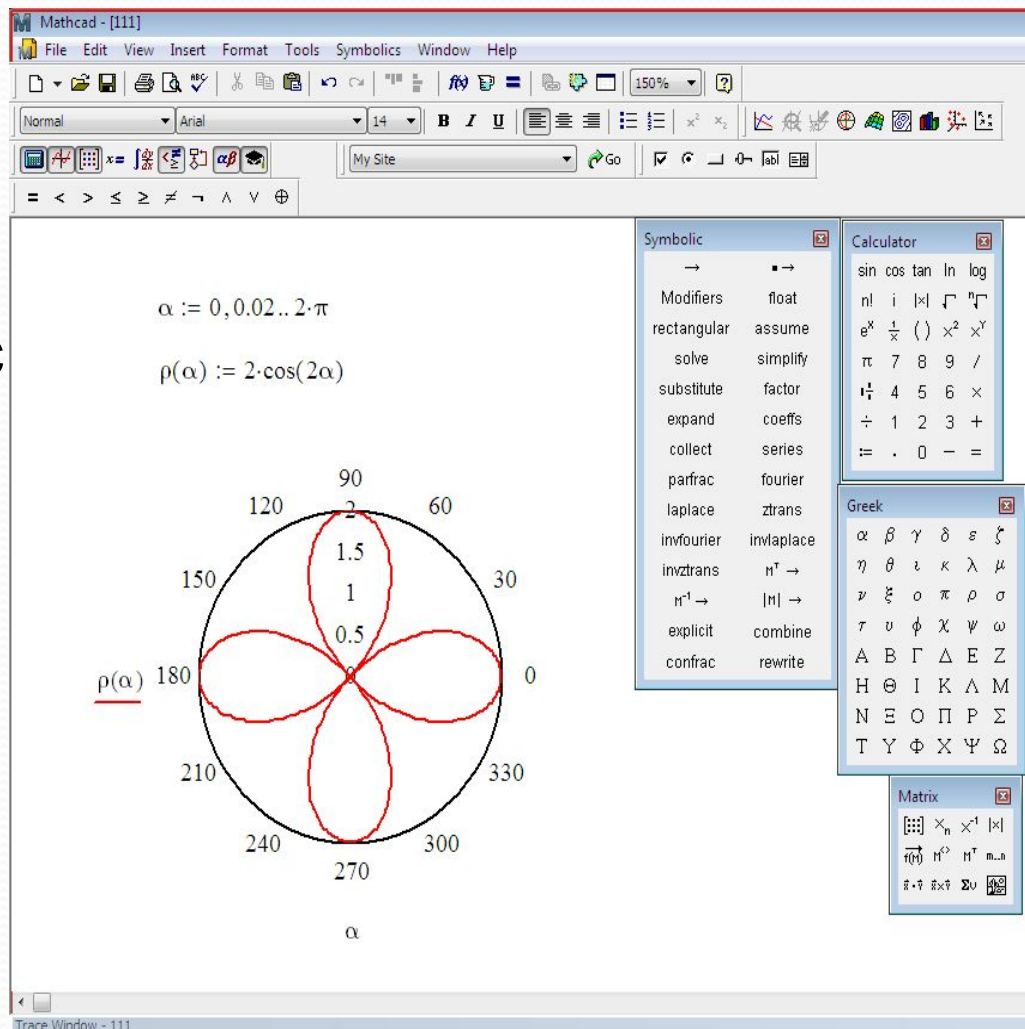
5

Щелкнув  
несколько  
раз мышью  
вне  
графика, на  
экране  
можно  
увидеть  
график  
данной  
функции

# Пример №1

- Дана функция:  
 $\rho(\alpha) = 2 \cos(2\alpha)$  Изобразить график данной функции с помощью *Mathcad*.

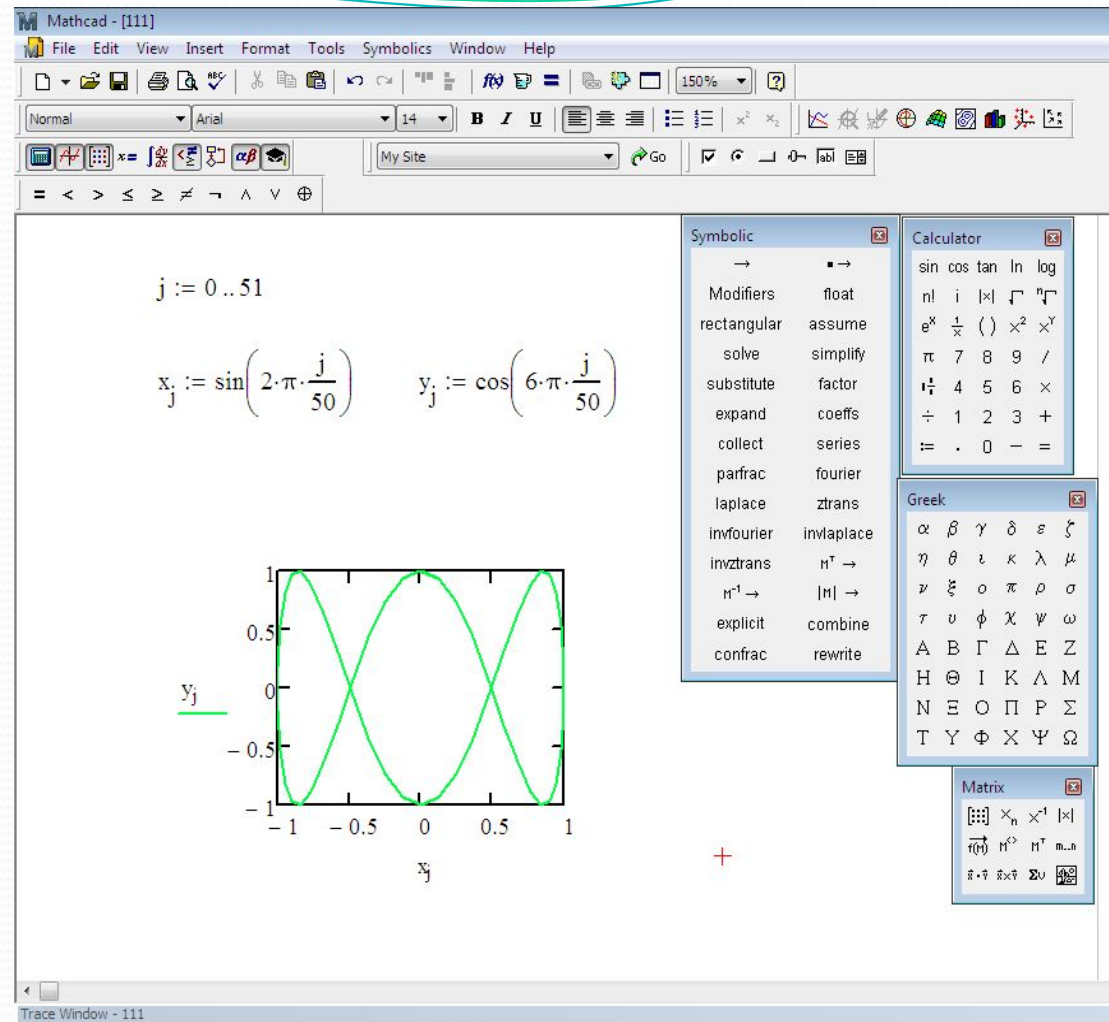
Для того, чтобы выполнить данную работу, пользуясь планом, выписываем данные и пределы функции ( $\alpha := 0, 0.02..2\pi$ ) и выбираем определенный график в графе *Graph(Polar*



Даны две  
тригонометрические  
функции:

$$x_j = \sin\left(2\pi \cdot \frac{j}{50}\right) \quad y_j = \cos\left(6\pi \cdot \frac{j}{50}\right)$$

Для того, чтобы с помощью *Mathcad* выполнить график функций, так же по аналогии с примером №1 записываем данные и выбираем определенный график в графе *Graph (X-Y Plot)*, получаем:



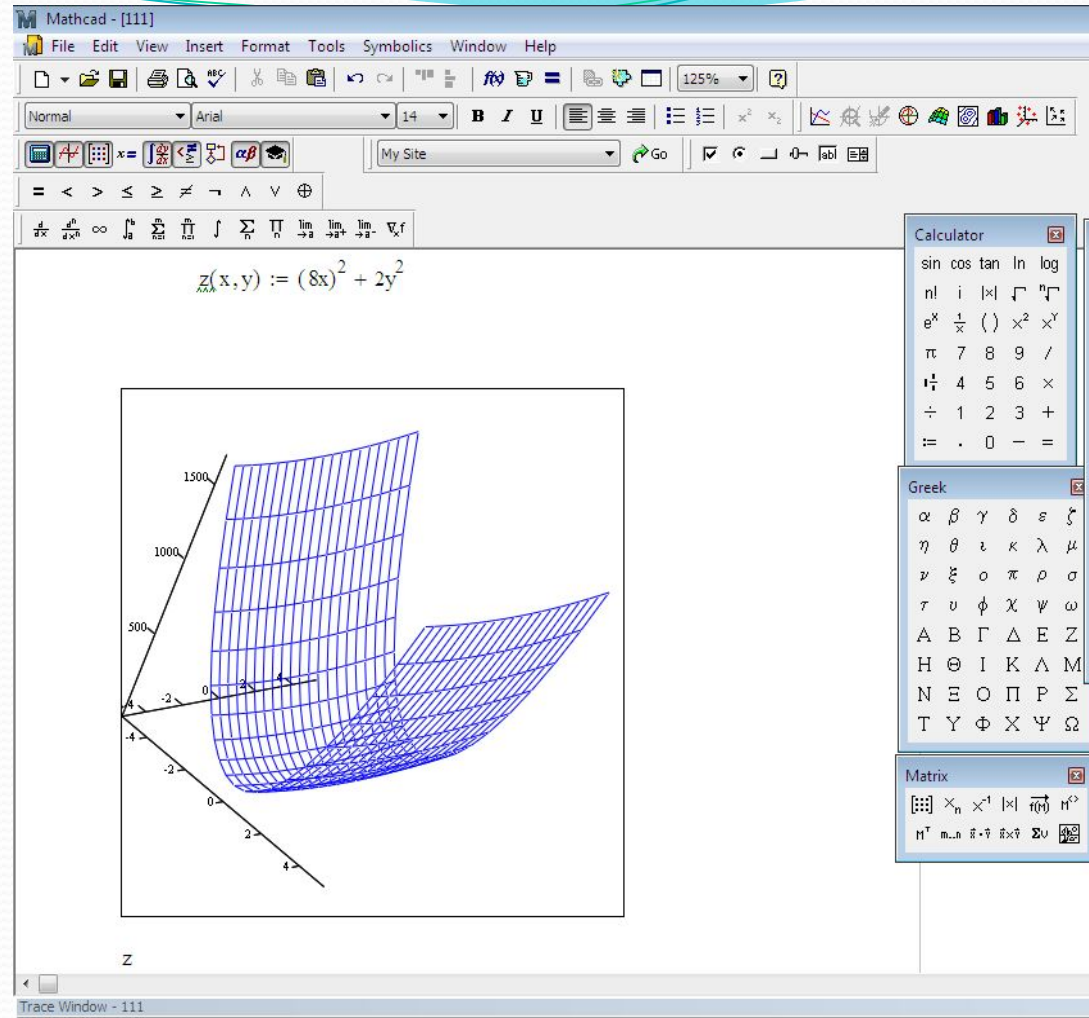


# Пример №3

Дана функция,  
состоящая из двух  
неизвестных  
переменных

$$z(x,y) = (8x)^2 + 2y^2$$

Для построения  
графика выполняем  
те же действия, что  
и раньше, выбираем  
в графе *Graph Surface  
Plot*, так как график  
получается  
трехмерным,  
получаем:



# Пример №4

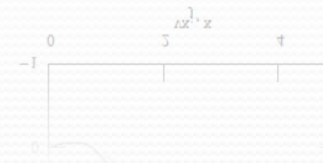
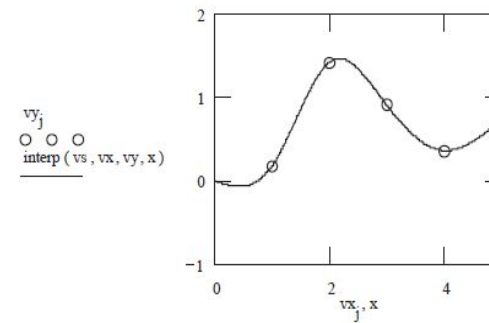
Даны произвольные точки двух декартовых координат

( $x$  и  $y$ ). Построим интерполяцию (т.е. построим функцию, проходящую через заданные точки, чтобы предсказать значение функции между ними). Для того, чтобы сгладить интерполирующую функцию пользуемся сплайн интерполяцией

```
j := 1..5      vx_j := j      vy_j := rnd(j)
```

$vx =$	$vy =$
0	0
1	0.174
2	1.421
3	0.912
4	0.366
5	0.737

```
vs := lspline ( vx, vy )
```



Formatting Currently Selected X-Y Plot

X-Y Axes | Traces | Labels | Defaults

X-Axis:

- ☐ Log Scale
- ☐ Grid Lines
- ☒ Numbered
- ☒ Autoscale
- ☐ Show Markers
- ☐ Auto Grid

Y-Axis:

- ☐ Log Scale
- ☐ Grid Lines
- ☒ Numbered
- ☒ Autoscale
- ☐ Show Markers
- ☒ Auto Grid

Number of Grids:

2

Number of Grids:

2

Axes Style

- ☐ Boxed
- ☒ Crossed
- ☐ None

☐ Equal Scales

OK

Отмена

Применить

Справка

Formatting Currently Selected X-Y Plot

X-Y Axes | Traces | Labels | Defaults

Legend Label	Symbol	Line	Color	Type	Weight
trace 1	+'s	xxx	red	points	1
trace 2	none	dot	blu	lines	1
trace 3	none	dash	grn	lines	1
trace 4	none	dadot	mag	lines	1
trace 5	none	solid	cya	lines	1
trace 6	none	dot	brn	lines	1

trace 1    +'s    solid    red    points    1

☐ Hide Arguments

☒ Hi

- lines
- points
- error
- bar
- step
- draw
- stem
- solidbar

OK

Отмена

Применить

Справка

## Отображение ошибок

1. Если значение переменной или функции не определено, в MathCad - 2001 – такие имена выделяются красным.
2. Если при вычислениях выражения произошла ошибка, это выражение помечается сообщением об ошибке. Эти сообщения весьма информативны.

$a := 0$        $b := 3$

$$D := \sqrt{\frac{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}{a}}$$

Found a singularity while evaluating this expression. You may be dividing by zero.



## Формат вывода числовых данных

В MathCad можно влиять на формат отображения результатов вычислений. Ввод и вывод данных может производиться в двух основных представлениях:

- десятичное (например, 1348.745903);
- с порядком (например,  $1.348 \cdot 10^3$ );

Для управления отображением числовых данных имеются параметры:

- количество отображаемых десятичных знаков (например, 1348.7459 –с четырьмя, 1348.74-с двумя десятичными знаками);
- отображение или сокрытие незначащих нулей справа;
- порядковый порог, после которого десятичное число будет показываться с порядком;
- округление малых чисел до нуля при отображении.

Изменение первых трех параметров производится в меню Формат/Формат числа/Формат результата. Последний выставляется в меню Формат/Формат числа/Формат результата в закладке Tolerance (точность) установкой Zero threshold (Порог нуля).



# Решение дифференциальных уравнений в MathCad

Для численного интегрирования одного ОДУ (обыкновенное дифференциальное уравнение) можно использовать вычислительный блок **given-odesolve**.



Внимание! Mathcad в состоянии решить только ОДУ, которые можно записать в стандартном виде, то есть решить алгебраически относительно производной высшего порядка и записать в виде  $y'(x)=f(x)$ .

Функция `Odesolve` решает дифференциальные уравнения как с начальными условиями, когда все условия заданы в начале интервала интегрирования, так и с граничными условиями, заданными в двух точках.

Из этих двух точек одна обязательно является началом интервала интегрирования, другая произвольная, но ее аргумент больше, чем в начальной точке.

`Odesolve(x,xk,n)`

`x`- имя переменной, относительно которой решается уравнение

`xk`- конец интервала интегрирования

`n`- необязательный внутренний параметр, определяющий число шагов интегрирования.

По умолчанию MathCAD использует `n=1000`.

# Пример №1

Решим в MathCAD следующее нелинейное обыкновенное дифференциальное уравнение второго порядка с нулевыми начальными условиями.

Mathcad - [Безымянный:1]

Файл Правка Вид Добавить Формат Инструменты

Normal Arial 10

Мой сайт Go

Given

$$100 y''(x) + 10 y(x)^2 + 101 y(x) = 50 \left( \frac{\sin(x)}{4} \right)$$

$$y'(0) = 0$$

$$y(0) = 0$$

$$y := \text{odesolve}(x, 200)$$

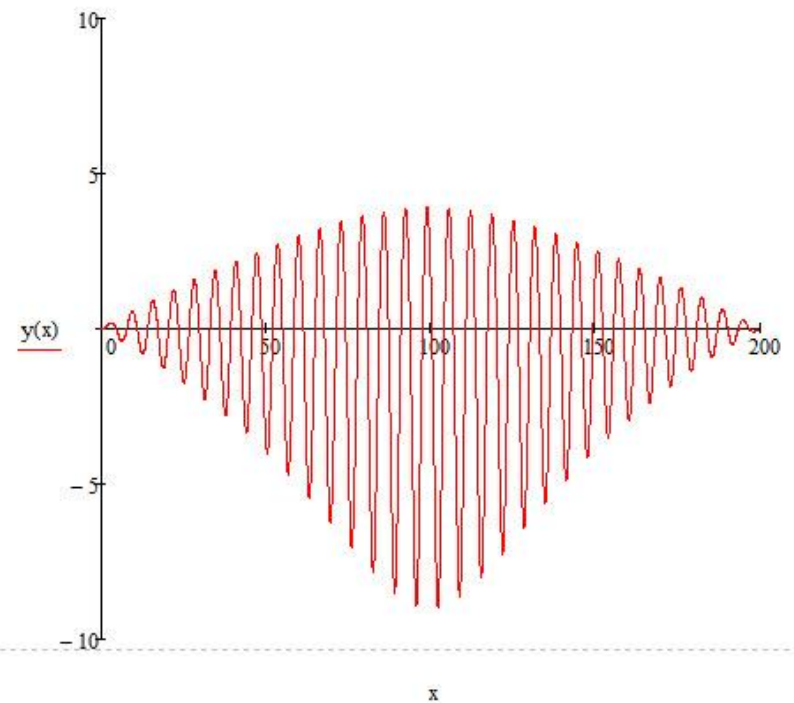
$$x := 0, 0.05 \dots 200$$

Mathcad - [Безымянный:1]

Файл Правка Вид Добавить Формат Инструменты Символика Окно Справка

Normal Arial 10

Мой сайт Go



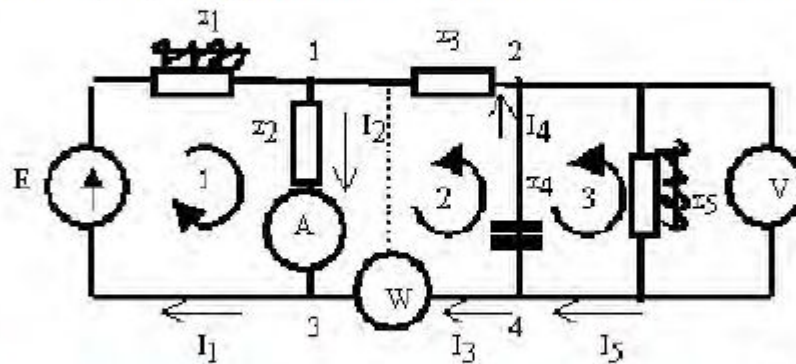


# Готовые шаблоны для решения инженерных задач

## Пример 2. Расчет электрической цепи переменного тока

(Программа 02-electro1.mcd)

В цепи, изображенной на рис. 2П.01, действует источник синусоидальной ЭДС  $e(t) = E_m \sin(\omega t + \psi)$ . Требуется определить токи и напряжения, действующие на всех участках цепи; проверить баланс мощностей и найти показания приборов.



ORIGIN := 1

$$z_1 := j \cdot 10 \quad z_2 := 30 \quad z_3 := 40 \quad z_4 := -j \cdot 50 \quad z_5 := j \cdot 60$$

$$E_m := 179 \quad \psi := 20 \cdot \frac{\pi}{180} \quad f := 50$$

$$z^T = (10i \ 30 \ 40 \ -50i \ 60i)$$

Рис. 2П.1. Схема электрической цепи и исходные данные для расчета

Определим напряжения и токи в ветвях цепи по уравнениям Кирхгофа. Зададим направления токов в ветвях и обхода контуров. Составляем систему уравнений для комплексов действующих токов и напряжений:

$$\begin{aligned} i_1 - i_2 + i_3 &= 0; \\ -i_3 + i_4 + i_5 &= 0; \\ z_1 i_1 + z_2 i_2 &= E; \\ z_2 i_2 + z_3 i_3 + z_4 i_4 &= E; \\ -z_4 i_4 + z_5 i_5 &= 0 \end{aligned}$$

и записываем ее в матричном виде (рис. 2П.2).

Решая приведенную систему уравнений, определяем токи на участках 1–5. По закону Ома определяем напряжения,  $U = Iz$ . Для одновременного вычисления попарного произведения элементов векторов используем оператор векторизации.

$$E := \frac{E_m}{\sqrt{2}} \cdot e^{j \cdot \psi} \quad E = 118.939 + 43.29i \quad |E| = 126.572$$

Решение матричного уравнения  $A \cdot I = B$

$$A := \begin{pmatrix} 1 & -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 & 1 \\ z_1 & z_2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & z_2 & z_3 & z_4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -z_4 & z_5 \end{pmatrix} \quad B := \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ E \\ E \\ 0 \end{pmatrix} \quad \begin{aligned} I &:= A^{-1} \cdot B \\ &\longrightarrow \\ U &:= (I \cdot z) \end{aligned}$$

$$I = \begin{pmatrix} 4.1178 + 0.0542i \\ 3.9827 + 0.07041i \\ -0.1351 + 0.01621i \\ -0.81059 + 0.09724i \\ 0.67549 - 0.08103i \end{pmatrix} \quad U = \begin{pmatrix} -0.54202 + 41.17796i \\ 119.4809 + 2.11226i \\ -5.40396 + 0.64826i \\ 4.86194 + 40.5297i \\ 4.86194 + 40.5297i \end{pmatrix}$$

Рис. 2П.2. Определение токов и напряжений в ветвях по уравнениям Кирхгофа

## Пример 5. Движение двух машин по мосту

(Программа 05-most.mcd)

Две машины массой  $m_1$  и  $m_2$  въезжают на мост с разных сторон и в разные моменты времени  $t$  со скоростями  $v_1$  и  $v_2$ . Определить прогиб моста под нагрузкой и наибольшие напряжения в балках моста в зависимости от положения машин на мосту. Схема моста под нагрузкой веса машин показана на рис. 5П.1. Опоры могут находиться по краям моста или быть смещены, поэтому, кроме длины моста  $L$ , заданы расстояния от края моста до опор  $L_A$  и  $L_B$ .

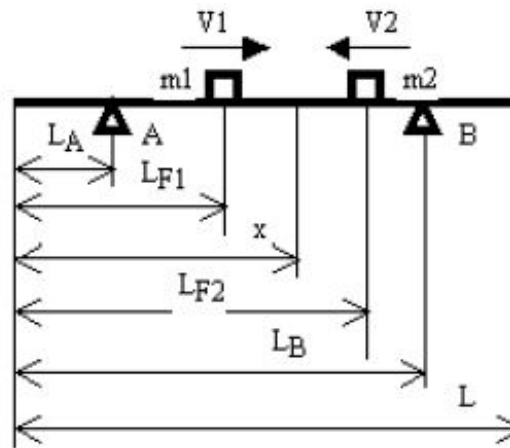


Рис. 5П.1. Схема моста под нагрузкой веса двух машин

В этом примере, чтобы оценить возможности Mathcad, рассмотрим несколько вариантов расчета:

- ☐ с учетом размерностей;
- ☐ без учета размерностей;
- ☐ с использованием панели программирования;
- ☐ без помощи программирования.

Преобразование массивов в функции

$u(x, k) := \text{interp}[\text{lspline}[U_1, (U_3)^{\langle k \rangle}], U_1, (U_3)^{\langle k \rangle}, x]$  прогиб балок моста

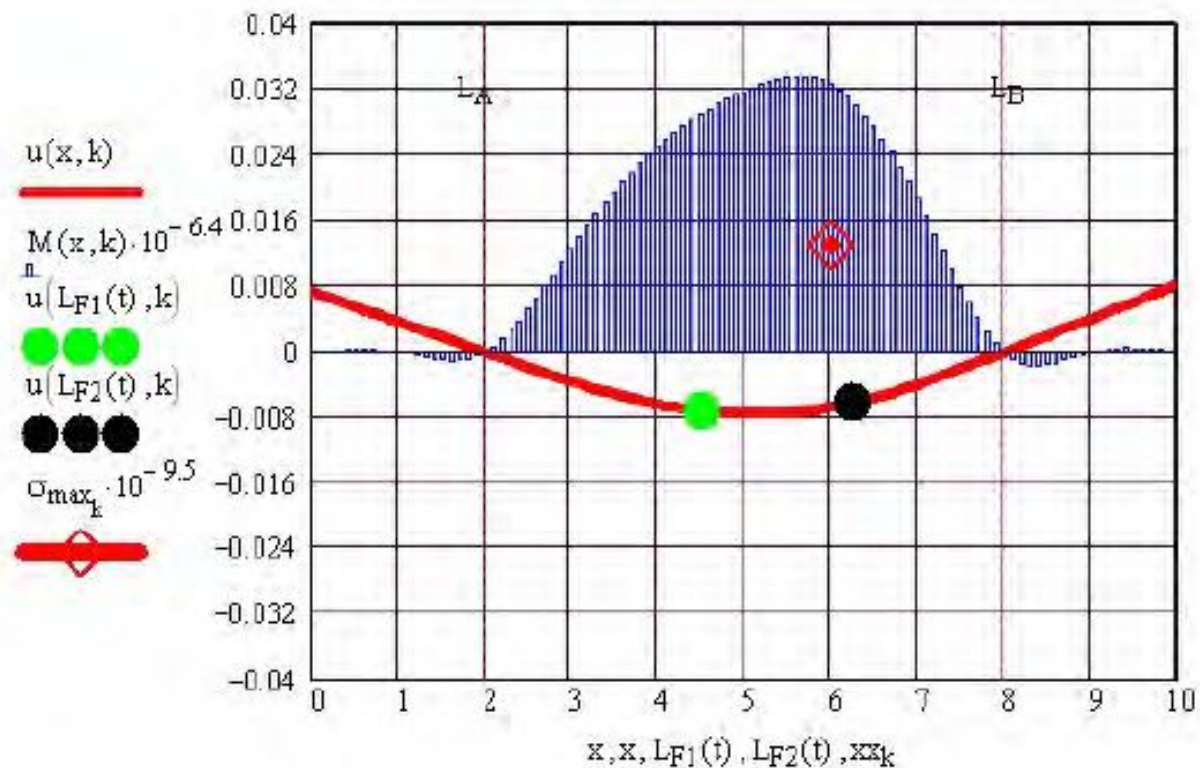
$M(x, k) := \text{interp}[\text{lspline}[U_1, (U_0)^{\langle k \rangle}], U_1, (U_0)^{\langle k \rangle}, x]$  изгибающий момент в балках моста

$\sigma_{\max} := U_4 \quad \text{xx} := U_2 \quad x := 0, \frac{L}{100} .. L \quad k := \text{FRAME}$

$k := 9$  для создания анимации чтобы посмотреть другие кадры  
 $t := k \cdot \Delta t$  отключите выражение **k** поменяйте число **k**

**Рис. 5П.8.** Подготовка к построению графиков и их анимации





На графиках показаны: перемещение  $u$  - красная линия,  
 эпюра изгибающих моментов - синяя гистограмма,  
 положение машин на мосту - зеленая и черная точки,  
 опасное сечение в балках моста и величина напряжений  
 в нем - красный ромб с точкой.

Рис. 5П.9. Результаты расчета в момент времени  $t = 3$  сек

### Определение прогиба балки методом начальных параметров

$$EJu(x, u_0, \theta_0, t) := E \cdot J \cdot u_0 + E \cdot J \cdot \theta_0 \cdot x + R_A \cdot \frac{(x - L_A)^3}{6} \cdot (x \geq L_A) + R_B \cdot \frac{(x - L_B)^3}{6} \cdot (x \geq L_B) \dots \\ + F1(t) \cdot \frac{(x - L_{F1}(t))^3}{6} \cdot (x \geq L_{F1}(t)) + F2(t) \cdot \frac{(x - L_{F2}(t))^3}{6} \cdot (x \geq L_{F2}(t))$$

$$u_0 := 0 \cdot \text{см} \quad \theta_0 := 0 \quad \text{Given} \quad EJu(L_A, u_0, \theta_0, t) = 0 \quad EJu(L_B, u_0, \theta_0, t) = 0$$

$$\begin{pmatrix} u_0 \\ \theta_0 \end{pmatrix} := \text{Find}(u_0, \theta_0) \quad u_0 = -0.3 \text{ см} \quad u(x) := \frac{EJu(x, u_0, \theta_0, t)}{E \cdot J} \quad \theta(x) := \frac{d}{dx} u(x) \\ \theta_0 = 0.258 \text{ град}$$

### Определение максимальных напряжений в балках моста

$$MM(x) := |M(R_A, R_B, x, t)| \quad \text{Модуль изгибающего момента}$$

$$x := L_A \quad \text{Given} \quad 0 \cdot \text{м} \leq x \leq L \quad x_{\max} := \text{Maximize}(MM, x)$$

$$x_{\max} = 2 \text{ м} \quad MM(x_{\max}) = 60 \text{ Нм}$$

$$\sigma_{\max}(t) := \frac{MM(x_{\max})}{W} \quad \sigma_{\max}(t) = 30 \text{ МПа} \quad x := 0 \cdot \text{м}, \frac{L}{100} \cdot L$$

**Рис. 5П.12.** Определение прогиба балок и максимальных напряжений в них

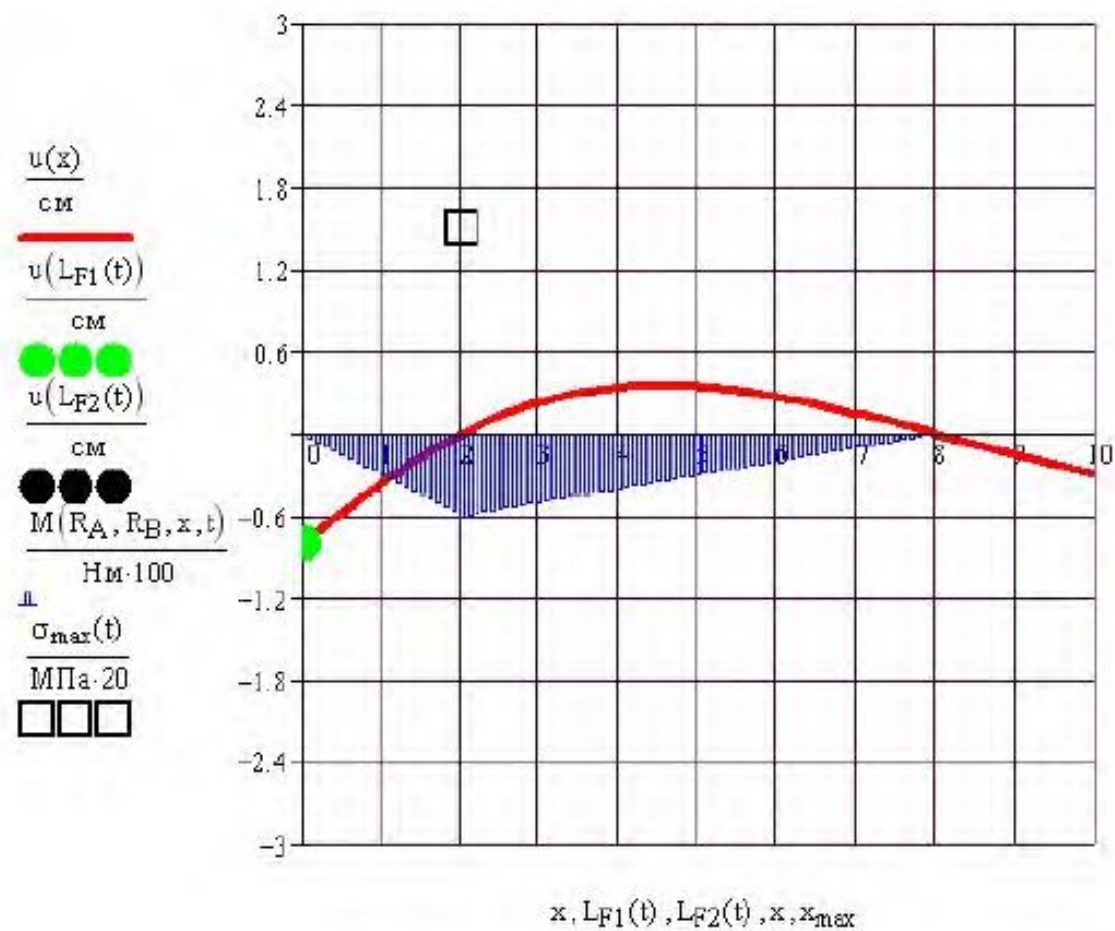


Рис. 5П.13. Результаты расчета при  $t = 0$

Пример 7. Расчет геометрических характеристик сечения, заданного набором точек на контуре

Пример 8. Расчет геометрических характеристик составного сечения,

(Программа 08-Geom3.mcd)

Рассчитать геометрические характеристики составного сечения (рис. 8П.1).

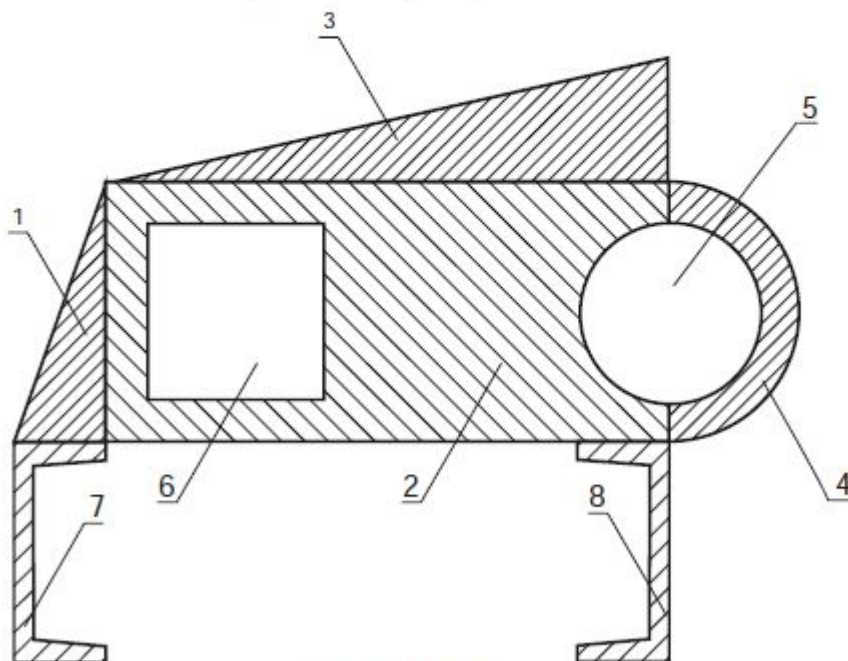


Рис. 8П.1. Составное поперечное сечение



## Пример 9. Определение внутренних усилий при растяжении-сжатии

(Программа 09-vnutr1.mcd)

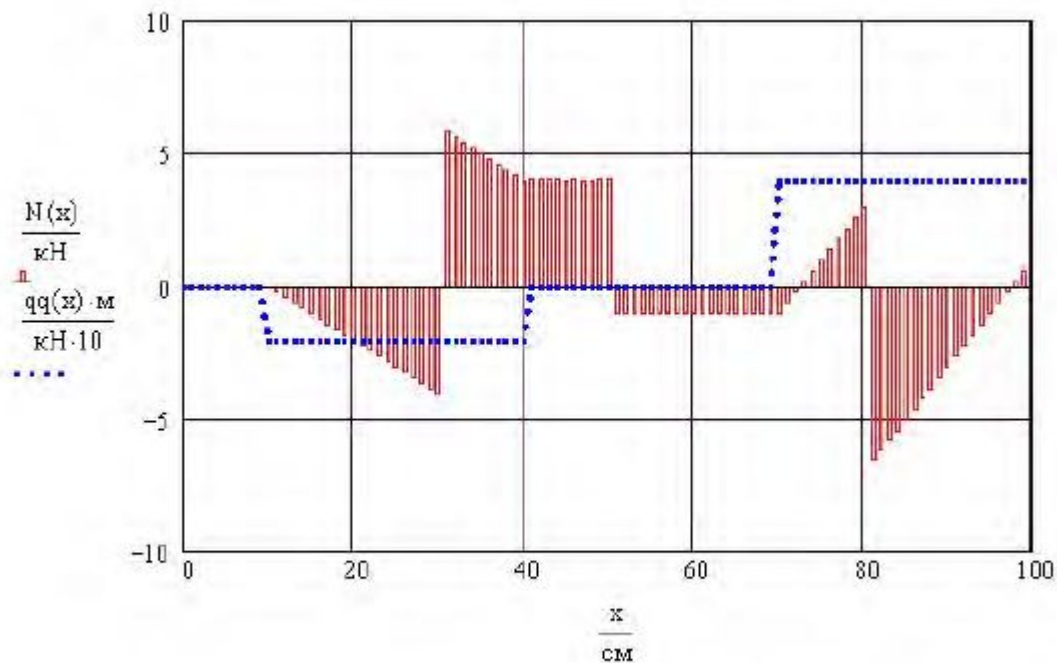


Рис. 9П.4 Результаты расчета продольных усилий