

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Основные сведения о дисциплине .....	5
Компьютерная работа 1. Основные способы расчётов в Mathcad .....	6
Компьютерная работа 2. Матричные вычисления в анализе систем управления.....	14
Компьютерная работа 3. Символьные вычисления при описании объектов теории управления.....	20
Компьютерная работа 4. Задачи решения нелинейных уравнений и систем.....	23
Компьютерная работа 5. Решение дифференциальных уравнений для объектов управления .....	27
Компьютерная работа 6. Описание объектов управления в частотной области .....	32
Компьютерная работа 7. Моделирование смесителя как объекта управления .....	36
Компьютерная работа 8. Статистическая обработка результатов экспериментов .....	43
Библиографический список .....	56

## ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ДИСЦИПЛИНЕ

Дисциплина «Автоматизация технологических процессов и производств» содержит разделы: «Предприятия строительной отрасли как объекты автоматизации», «Автоматизация тепловых и механических процессов, процессов транспортирования, дозирования, а также вспомогательных процессов».

По причине многообразия строительных процессов в настоящем пособии приведены общие принципы автоматизированного расчета при помощи математического пакета. Акцент сделан на моделирование процесса смещения, при этом рассмотрены задачи обработки данных и задачи теории автоматического управления.

С использованием широких возможностей математического пакета студенты могут научиться использовать основные закономерности строительных процессов, изучить автоматизированные методы анализа исходных данных. Сбор, анализ и обработка данных необходимы для проектирования технологических процессов изготовления продукции, решения задач автоматизации производственных процессов.

Расчёт автоматизированных технологических процессов и производств должен выполняться с использованием современных информационных технологий, методов и средств проектирования. В ходе изучения дисциплины студенты будут осваивать и совершенствовать технические средства и системы автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами.

Знание способов проведения корректирующих мероприятий в системах автоматизации и управления, а также умение выполнять корректировку технологических процессов, средств и систем автоматизации вырабатывается в ходе выполнения заданий по компьютерным работам. Умение оценивать полученные результаты исследований может быть достигнуто при изучении теоретических разделов математической статистики и компьютерных расчетных заданий.

В ходе выполнения компьютерных практикумов студенты осваивают современные методы и средства автоматизации и управления технологическими процессами в строительстве.

В разделе «Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины рабочей программы дисциплины «Автоматизация технологических процессов и производств» в перечне лицензионного программного обеспечения указано наименование и реквизиты подтверждающего документа — Mathcad [*Edu. Prime*; 3; 30] (Договор № 109/9.13\_АО НИУ от 09.12.13 (НИУ-13)).

# КОМПЬЮТЕРНАЯ РАБОТА 1

## Основные способы расчётов в Mathcad

### Цели работы

Изучить интерфейс пользователя Mathcad, выполнить элементарные вычисления, в том числе с использованием встроенных функций. Изучить графические возможности математического пакета.

### Основные положения

Интегрированный пакет Mathcad имеет следующие широкие возможности: редактор математических формул, интерпретатор для вычислений, обширную библиотеку математических функций, возможности символьных преобразований, встроенный текстовый редактор, всевозможные графические средства представления результатов. *PTC Mathcad Prime* считается отраслевым стандартом инженерного математического программного обеспечения, которое позволяет решать самые сложные задачи инженерных расчетов. Визуальная среда математического моделирования Mathcad имеет простой и интуитивный для использования интерфейс пользователя, возможности представления уравнений и выражений графически. Mathcad принципиально отличается от языков программирования, не использует текстовые записи в одну строку, специфические символы и встроенные функции. При создании документов Mathcad используется принцип *WYSIWYG* (*What You See Is What You Get* — «что видишь, то и получаешь»).



Рис. 1. Логотип Mathcad

В качестве примеров в данном издании приводятся фрагменты Mathcad-программ, выполненные с использованием версии *PTC Mathcad Prime 7* (рис. 1) на русском языке.

Следует отметить, что все вычисления в Mathcad проводятся на латинской (английской) раскладке клавиатуры, русская раскладка может быть использована для текстовых комментариев, которые могут быть оформлены с использованием достаточно широких возможностей форматирования.

После запуска появляется типовое окно документа (рис. 2).

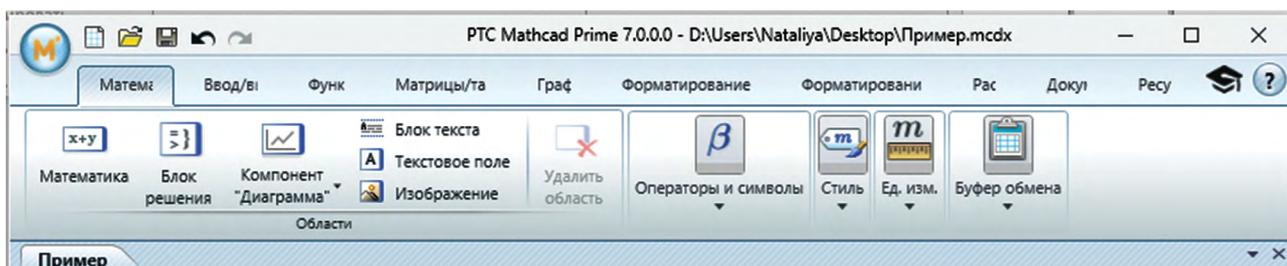


Рис. 2. Типовое окно Mathcad документа

В окне указан путь документа, находится кнопка с буквой *M* с функционалом, подобным кнопке *Office* продуктов *MicroSoft*, далее — строка меню. На данном рисунке активна вкладка «Математика». Далее размещены вкладки «Ввод/вывод», «Функции», «Матрицы/таблицы», «Графики», «Форматирование формул», «Форматирование текста», «Расчёт», «Документ» и «Ресурс». Типичные для всех приложений *Windows* функции рассматривать не будем.

В ходе первой компьютерной работы нам рекомендуется использовать вкладки «Математика», «Функции» и «Графики». При этом начинать стоит с использования вкладки «Операторы и символы», клавиша «Операторы» которой активна на рис. 3. Обратите внимание, что при наведении мыши в ряде случаев отображается подсказка с указанием той

или иной горячей клавиши, использование которой значительно ускоряет скорость набора документов.

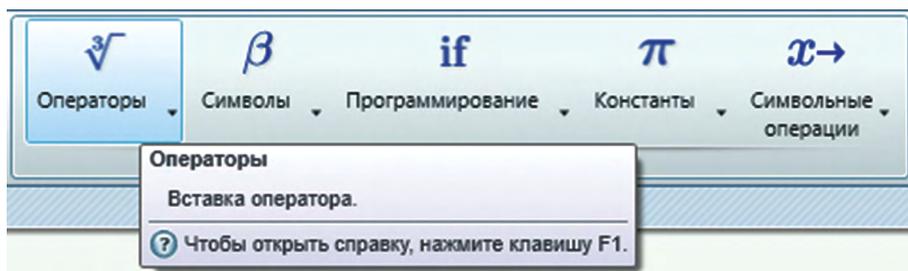


Рис. 3. Вкладка «Операторы и символы»

На панели «Функции» с использованием опции  $fx$  можно найти и вызвать любую встроенную функцию Mathcad, которые подразделены также на категории.

Математическая панель в разделе «Операторы и символы» содержит кнопку для вызова панели «Операторы», по сути, дублирующую опции калькулятора (рис. 4), а также кнопки для вызова панелей «Символы», «Программирование», «Константы» и «Символьные операторы». Знакомство лучше начать с первой панели — «Операторы».

<b>Алгебра</b>				
$+$	$-$	$\cdot$	$\div$	$/$
$x^y$	$\sqrt{x}$	$ x $	$x!$	$\%$
$()$	$,$			
<b>Разбивка уравнения</b>				
$+ \downarrow$	$- \downarrow$	$\cdot \downarrow$	$\div \downarrow$	
<b>Векторы и матрицы</b>				
$\times$	$\ x\ $	$[ ]$	$M^{\otimes}$	$M,$
$M^{-1}$	$M^T$	$1..n$	$1,3..n$	$\vec{v}$
<b>Математический анализ</b>				
$\otimes$	$*$	$d/dx$	$\int dx$	$\lim$
$=$	$x'$	$\Pi$	$\Sigma$	
<b>Определение и вычисление</b>				
$:=$	$=$	$\equiv$	$\rightarrow$	
<b>Проектирование</b>				
$\bar{z}$	$\circ$	$\angle$	$\cdot$	
<b>Сравнение</b>				
$\in$	$=$	$\oplus$	$>$	$\geq$
$<$	$\leq$	$\wedge$	$\neg$	$\vee$
$\neq$				

Рис. 4. Панель вставки оператора

Алфавит Mathcad состоит из **различаемых** при именовании и использовании переменных **строчных и ПРОПИСНЫХ** латинских букв, а также содержит греческие буквы; арабские цифры от 0 до 9, строчные и прописные буквы кириллицы при этом могут быть

использованы для оформления документов. Кроме того, имеются так называемые системные переменные; далее — операторы; имена встроенных функций; спецзнаки и обозначения; укрупненные элементы языка: типы данных, функции пользователя и др.

Для задания числовых констант используются арабские цифры, **десятичный разделитель** — **точка** и знака — (минус), например, 14.5. Диапазон возможных значений десятичных чисел очень широк и лежит в пределах от  $10^{-307}$  до  $10^{307}$ , что обозначает машинный ноль и машинную бесконечность.

Заметим, что знак умножения отображается точкой, а операция возведения в степень — в виде надстрочного элемента для обозначения самого значения степени, как это принято при написании на бумаге, набирается знак умножения при нажатии клавиши «^».

Имена переменных в Mathcad должны начинаться с буквы и могут использоваться практически любой длины. Стоит помнить, что есть предопределённые переменные, в том числе из системы единиц измерения, которые известны, но могут быть переопределены, а также используемое имя не должно совпадать с именами встроенных функций.

Предопределённые (системные) переменные — особые переменные, которым изначально системой определены начальные значения.

Переменная	Ввод	Назначение	Значение по умолчанию
$\pi$	Ctrl + Shift + $\pi$	Число $\pi$	3.14159
$e$	$e$	Основание натурального логарифма	2.718
$\infty$	Ctrl + Shift + z	Системная бесконечность	$10^{307}$
$i$ или $j$	$1i$ или $1j$	Мнимая единица	
%		Процент	0.01
TOL		Погрешность численных методов	0.001
ORIGIN		Нижняя граница индексации массивов	0

Рис. 5. Предопределённые переменные Mathcad

Особенностью Mathcad является так называемое зонирование при написании **вычисляемых областей** (что не относится к области комментариев). Зона выражения выделена рамкой, обозначенной штриховой линией, место ввода обозначено на экране крестиком, который можно перемещать по экрану.

Каждое вычисляемое выражение (формула, уравнение и т.п.) должно записываться в отдельной рамке. Рамка активного выражения отображается на экране при наведении мыши.

При наборе и редактировании выражений следует использовать клавиатуру, мышь, клавиши <Del> или <Backspace> (например, обведя все удаляемые выражения пунктиром).

### Элементарные вычисления

Для примера вычислите значение некоторого выражения (рис. 5). Обратите внимание на использование знаков *присвоить* и *равно*. Первый — для задания значения неизвестной переменной, которая стоит справа, второй — для вычисления результата (при этом переменные в левой части выражения должны быть определены/заданы выше по отношению к рамке выражения).

В примере (рис. 6) используются встроенные функции  $\sin()$ ,  $\ln()$ , факториал  $5!$ , экспонента обозначена буквой  $e$ .

$$x := 3$$

$$\frac{e^4 + 5! - x^2}{|x| - \frac{\sin(x)}{2^x}} - \sqrt{\frac{2 \cdot x^2 + 5 \cdot x}{\ln(x-1)}} = 48.626$$

Рис. 6. Пример элементарных вычислений

Горячие кнопки для возведения в степень, деления, вычисления корня, нахождения модуля и т.п. рекомендуется запомнить.

Если при наборе выражения нарушается грамматика Mathcad, то появляется разъяснение ошибки (рис. 7).



Рис. 7. Примеры сообщений об ошибке



Рис. 8. Особенности набора выражений

Определённую роль при наборе выражений играет расположение уголка (рис. 8). Обратите внимание, что в первом случае любые знаки операций, например сложение, вычитание и т.п., будут добавляться к показателю степени, в другом операции при наборе будут добавляться ко всему выражению.

В следующем фрагменте (рис. 9) показано задание ряда значений  $x$  и вычисление соответствующих значений функции  $f$  от аргумента  $x$ . **Тригонометрические функции любого угла необходимо вводить в радианах.**

$$x := 4, 4.1..4.5$$

$$f(x) := \frac{e^4 + 5! - x^2}{|x| - \frac{\sin(x)}{2^x}} - \sqrt{\frac{2 \cdot x^2 + 5 \cdot x}{\ln(x-1)}} \quad f(x) = \begin{bmatrix} 32.306 \\ 31.126 \\ 29.998 \\ 28.917 \\ 27.88 \\ 26.882 \end{bmatrix}$$

Рис. 9. Вычисление значения функции

В *Mathcad* используются операторы вычисления сумм и произведений. Могут быть заданы нижняя и верхняя границы диапазона изменения индексной переменной с шагом дискретности, равным единице, или значение индексной переменной, шаг изменения которой отличен от единицы (рис. 10).

$$\sum_{i=1}^{10} i = 55 \quad j := 1, 1.5..5 \quad \sum_j j = 27$$

Рис. 10. Вычисление сумм

## Встроенные функции Mathcad

Многие задачи решают с помощью встроенных функций. Имя, по которому к функции нужно обратиться при вызове, вызывает реализованную в Mathcad подпрограмму вычислений. Разные функции содержат разное количество аргументов, задаваемых через запятую в скобках после имени функции (рис. 11). По каждой из функций можно получить справку. Существует широкий диапазон встроенных функций, но пользователь сам может определять любое количество функций, что удобно, например, при реализации программ, сложных вычислений.

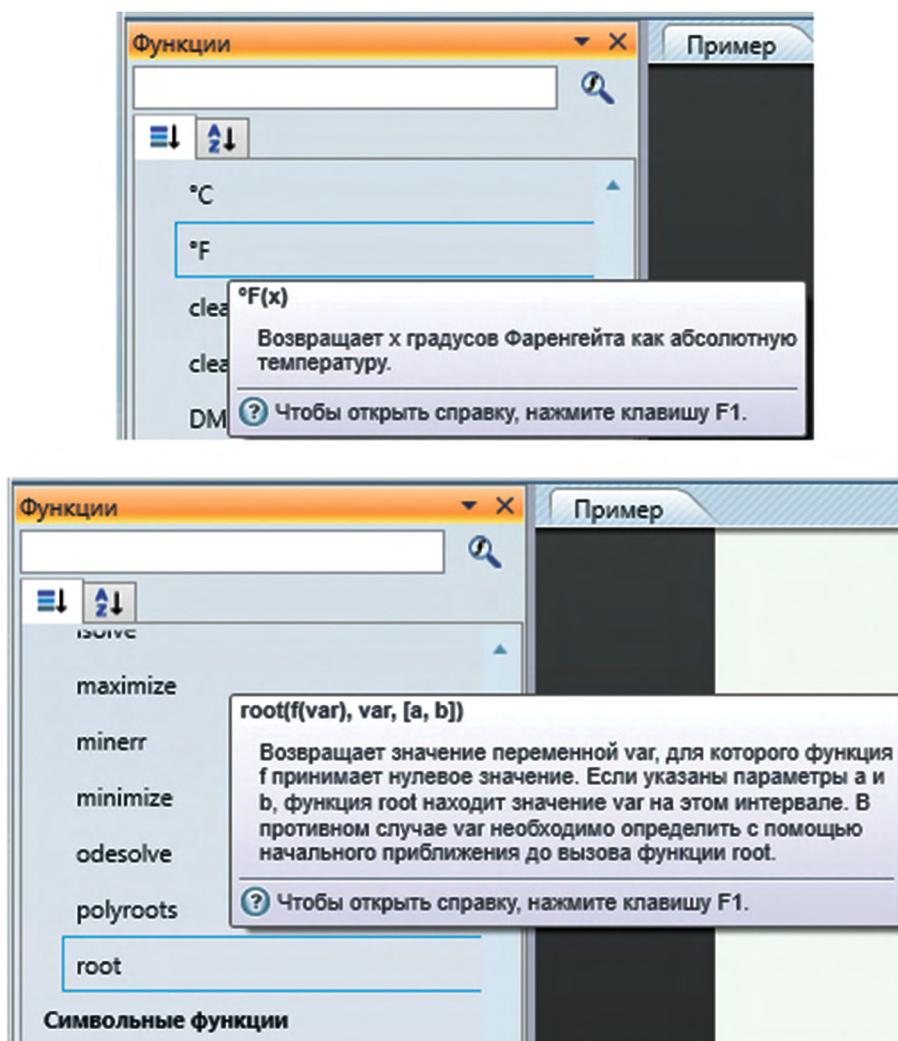


Рис. 11. Примеры описания функций

## Построение графиков в Mathcad

Одним из достоинств Mathcad являются широчайшие возможности построения и форматирования графиков различного типа (рис. 12).

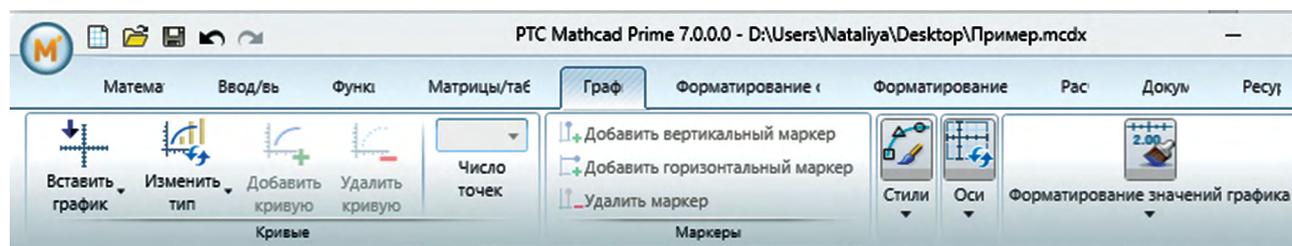


Рис. 12. Панель «Графики»

При вставке в рабочий документ двумерного графика появляется область графика с заполнителями, значения в которых можно задать по своему усмотрению (рис. 13).

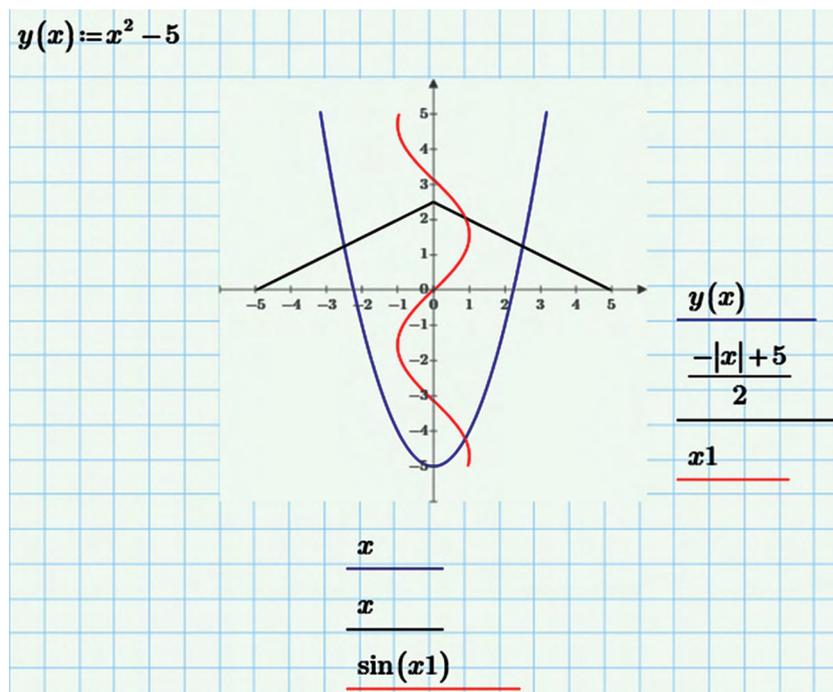


Рис. 13. Пример построения графиков

Одна из функций в примере определена заранее, другие — на самом графике. Графики имеют широкие возможности форматирования.

Пример построения интервального графика приведен на рис. 14.

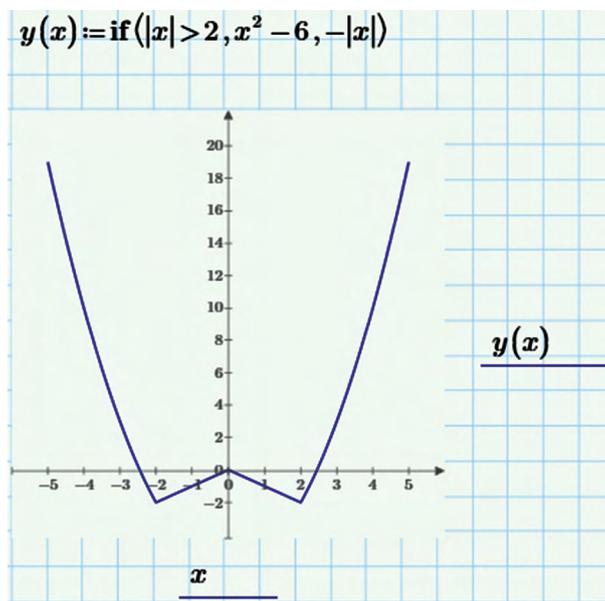


Рис. 14. Пример интервального графика

Построим графики функции двух переменных (рис. 15).

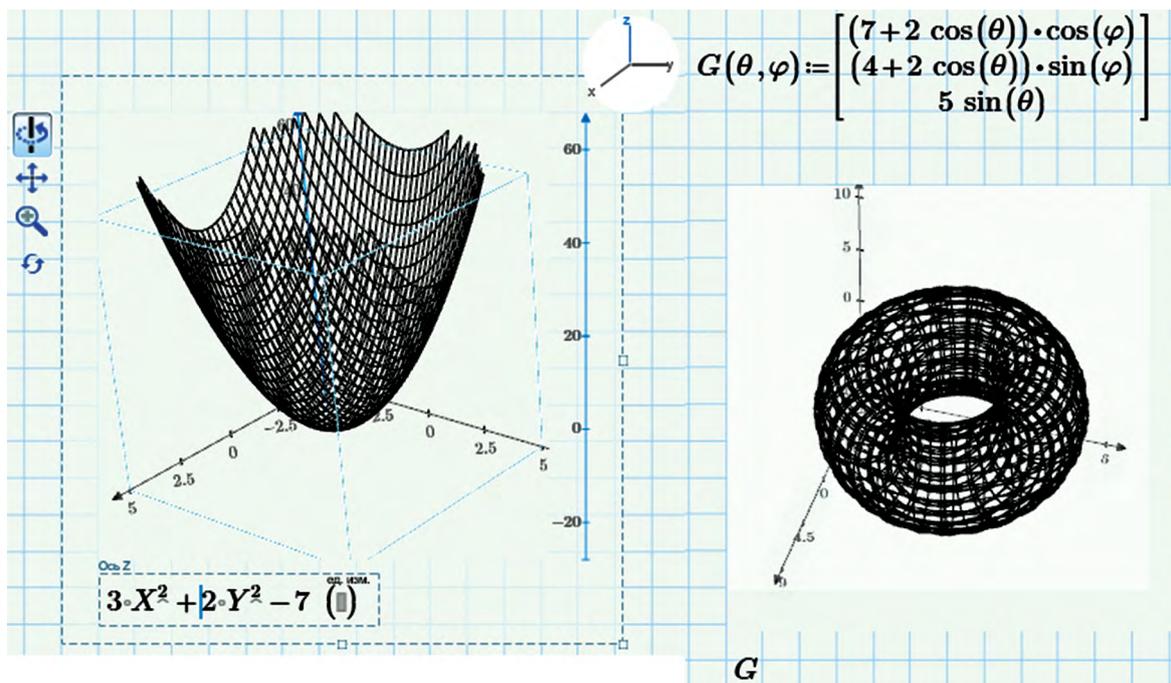


Рис. 15. Пример построения трехмерного графика

Построим фигуру Лиссажу в полярных координатах:  $y(x) = \sin(x)$ ,  $z(x) = \cos(x)$  при  $x = 0, 0.05 \dots 2\pi$  (рис. 16).

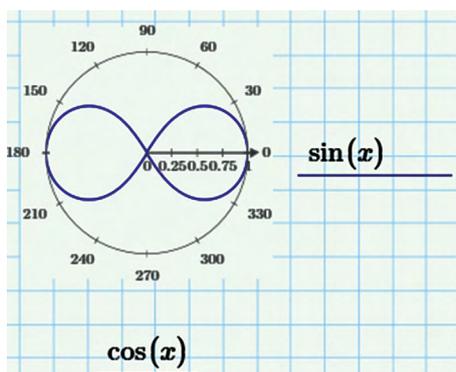


Рис. 16. Пример построения графика в полярных координатах

### Содержание отчёта

Отчёт о компьютерной работе должен содержать выполненные задания, приведённые в описании работы.

### Задания для самостоятельной работы

Определить значение выражений.

№	Вычислить значения выражений			
1	$\frac{d}{dx} \frac{(x^2 - 1)}{\sin(x + 1)}$	$\int_0^{10} \frac{x^2 - 1}{e^x} dx$	$x = 0.335$ $y = 0.025$ $z = 32.005$	$t = y^{x+1} + \sqrt{ x  + e^y} - \frac{z^{3x} - \sin^2(y)}{y + z^2 / (e^x)}$
2	$\frac{d}{dx} \frac{(x^2 - 1)}{e^x}$	$\int_0^2 \frac{\exp(x + 1)}{x + 1} dx$	$x = 3.258$ $r = 4.005$ $z = -0.666$	$p = \frac{e^x - 2}{z + 3} + \sqrt{\sin^2 x^5} - \frac{r^3 + 1}{\cos^2(r - 2) + 1}$

№	Вычислить значения выражений			
3	$\frac{d}{dx} \frac{e^x}{x^2 - 1}$	$\int_0^5 \frac{\ln(x+1)}{x^2 - 1} dx$	$x = 0.100$ $y = -8.750$ $z = 0.765$	$y = \left( (1+y)\sqrt{\sin^2(z)} - \frac{ y-x }{5} \right)^3$
4	$\frac{d}{dx} \frac{\ln(x+1)}{x^2 - 1}$	$\int_0^7 \frac{3\ln(x)}{x+1} dx$	$x = 1.542$ $a = 3.261$ $z = 8.005$	$r = \frac{x^2}{e^a} + \frac{1}{3}\sin^2 z - \ln\sqrt{2x}$
5	$\frac{d}{dx} \frac{\exp(x+1)}{x^3 - 1}$	$\int_0^5 \frac{x^2 - 1}{x+1} dx$	$k = 1.426$ $a = -1.220$ $p = 3.500$	$w = p^{0,8} + \frac{a}{a-p} - \sin^2 \frac{k^5}{k^5 - 1}$

Построить графики функций, отформатировать графики, подобрав пределы изменения шкалы.

№	Построить полярный график	Построить интервальный график	Построить график поверхности
1	$\rho = \frac{\sin(3\varphi)}{\cos^2(2\varphi)}$	$f(x) = \begin{cases} -x^2 - 2x + 1, & x \geq 1 \\ x^2 + 2x - 5, & x < 1 \end{cases}$	$z = -\frac{x^2}{3} + \frac{y^2}{3}$
2	$\rho = 4 \cos(2\varphi)$	$f(x) = \begin{cases} 2x^2 - 2, &  x  \leq 1 \\ 1 - x^2, &  x  > 1 \end{cases}$	$x^2 + y^2 + 2z = 12$
3	$\rho = \cos(2\varphi) - \sin(3\varphi)$	$f(x) = \begin{cases} - x , &  x  \leq 2 \\ x^2 - 6, &  x  > 2 \end{cases}$	$x^2 - 2y^2 + z = 2$
4	$\rho = \frac{-\sin(3\varphi)}{\cos(2\varphi)}$	$f(x) = \begin{cases} x^2 - 1, & x \leq 0 \\ (-1+x)^2, & x > 0 \end{cases}$	$x^2 - y^2 + z = 9$
5	$\rho = \frac{\cos(2\varphi)\sin(3\varphi)}{\cos^3(2\varphi)}$	$f(x) = \begin{cases} x^2 - 1, &  x  > 1 \\ \frac{1}{2} - \frac{1}{2}x^2, &  x  \leq 1 \end{cases}$	$-x^2 + y^2 + z = 6$

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

[e-Univers.ru](http://e-Univers.ru)