

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Фурсов Владимир Александрович

Должность: И.о. директора Пятигорского института (филиал) Северо-Кавказского

федерального университета

Дата подписания: 05.06.2026 09:41:16

Уникальный программный ключ:

1c378726a41fd0143ae5bccc8ba818c0b0b0a0b2

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Пятигорский институт (филиал) СКФУ

Методические указания

по выполнению лабораторных работ

по дисциплине «ОСНОВЫ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ»

для студентов направления подготовки

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Пятигорск 2026 г.

ВВЕДЕНИЕ

Цели и задачи освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины Основы компьютерного моделирования являются: поэтапное формирование у студентов следующих знаний, умений и владений:

- изучение и освоение базовых понятий, методов и алгоритмов, применяемых при разработке компьютерных моделей;
- формирование взгляда на компьютерное проектирование как на систематическую научно-практическую деятельность, носящую как теоретический, так и прикладной характер;
- формирование базовых теоретических понятий, лежащих в основе компьютерного проектирования;
- освоение студентами методов решения задач проектирования и расчета параметров электрических схем и машин с использованием современных информационных технологий.

Задачами освоения дисциплины являются:

- приобретение навыков эксплуатации систем автоматизированного проектирования в своей отрасли, ориентированных на решение профессиональных задач.
- изучение методов компьютерного проектирования;

Компетенции обучающегося, формируемые в результате изучения дисциплины:

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
ПК-1 Способен участвовать в проектировании систем электроснабжения	ИД-1 пк-1 Выполняет сбор и анализ данных для проектирования систем электроснабжения ИД-2 пк-1 Выбирает типовые проектные решения систем электроснабжения	Выбирает и применяет прикладное программное обеспечение для решения конкретных инженерных задач; оценивает эффективность применения альтернативных элементов математического обеспечения САПР в конкретных ситуациях

НАИМЕНОВАНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

№ Темы дисциплины	Наименование тем дисциплины, их краткое содержание	Объем часов	Из них практическая подготовка, часов
-------------------	--	-------------	---------------------------------------

<u>4 семестр</u>			
10	Тема 1. Ввод и редактирование формул в MathCAD	2	
11	Тема 2. Переменные и выражения с переменными. Использование функций.	2	
12	Тема 3. Комплексные числа в MathCAD и их применение в профессиональной сфере	2	
13	Тема 4. Графики функций.	2	
14	Тема 5. Массивы, матрицы, векторы.	2	
15	Тема 6. Преобразование массивов.	2	
16	Тема 7. Построение трехмерного графика зависимости тока в цепи R, L, C от R и XL	2	
17	Тема 8. Решение уравнений	2	
18	Тема 9. Решение дифференциальных уравнений	2	
19	Тема 10. Символьные вычисления	2	
20	Тема 11. Построение волновых и потенциальных диаграмм	2	
21	Тема 12. Построение векторных диаграмм	2	
22	Тема 13. Функции с условием	2	
23	Тема 14. Решение системы обыкновенных дифференциальных уравнений.	2	
24	Раздел 2. Компьютерная графика. Тема 15. Взаимодействие пользователя с AutoCAD.	2	
25	Тема 16. Объектная привязка и объектное слежение. Создание и настройка графических примитивов.	2	
26	Тема 17. Редактирование объектов.	2	
27	Тема 18. Оформление чертежей и проектной документации в AutoCAD.	2	
	ИТОГО	36	

СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Лабораторная работа 1. Ввод и редактирование формул в MathCAD

Цель работы:

Изучить интерфейс программы MathCAD, научиться задавать значения переменных и вводить формулы с использованием переменных и констант, использовать стандартные функции MathCAD.

Теоретическая часть.

Формульный редактор MathCAD позволяет быстро и эффективно вводить и изменять математические выражения. Тем не менее, некоторые аспекты его применения не совсем интуитивны, что связано с необходимостью избежать ошибок при расчетах по этим формулам. Поэтому не пожалейте немного времени на знакомство с особенностями формульного редактора, и впоследствии при реальной работе вы сэкономите гораздо больше.

Перечислим элементы интерфейса редактора MathCAD:

- указатель мыши (mouse pointer) – играет обычную для приложений Windows роль, следуя за движениями мыши;
- курсор – обязательно находится внутри документа в одном из трех видов:
 - курсор ввода (crosshair) - крестик красного цвета, который отмечает пустое место в документе, куда можно вводить текст или формулу;
 - линии ввода (editing lines) – горизонтальная (underline) и вертикальная (insertion line) линии синего цвета, выделяющие в тексте или формуле определенную часть;
 - линия ввода текста (text insertion point) – вертикальная линия, аналог линий ввода для текстовых областей;
- местозаполнители (placeholders) – появляются внутри незавершенных формул в местах, которые должны быть заполнены символом или оператором:
 - местозаполнитель символа – черный прямоугольник;
 - местозаполнитель оператора – черная прямоугольная рамка.

Курсоры и местозаполнители, относящиеся к редактированию формул, представлены на рис. 1.

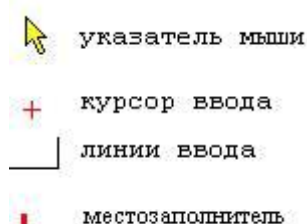


Рис. 1 Интерфейс редактирования

Ввод формул

Ввести математическое выражение можно в любом пустом месте документа MathCAD. Для этого поместите курсор ввода в желаемое место документа, щелкнув в нем мышью, и просто начинайте вводить формулу, нажимая клавиши на клавиатуре. При этом в документе создается математическая область (math region), которая предназначена для хранения формул, интерпретируемых процессором MathCAD. Продемонстрируем последовательность действий на примере ввода выражения x^{5+x} (рис. 1.4):

1. Щелкните мышью, обозначив место ввода.
2. Нажмите клавишу $\langle x \rangle$ - в этом месте вместо курсора ввода появится регион с формулой, содержащей один символ x , причем он будет выделен линиями ввода.
3. Введите оператор возведения в степень, нажав клавишу $\langle \wedge \rangle$, либо выбрав кнопку возведения в степень на панели инструментов Calculator (Калькулятор) - в формуле появится

местозаполнитель для введения значения степени, а линии ввода выделяют этот местозаполнитель.

4. Последовательно введите остальные символы <5>, <+>, <x>.

Таким образом, поместить формулу в документ можно, просто начиная вводить символы, числа или операторы, например + или /. Во всех этих случаях на месте курсора ввода создается математическая область, иначе называемая регионом, с формулой, содержащей и линии ввода. В последнем случае, если пользователь начинает ввод формулы с оператора, в зависимости от его типа, автоматически появляются и местозаполнители, без заполнения которых формула не будет восприниматься процессором MathCAD.



Рис. 2 Пример ввода формулы



Рис. 3 Пример начала ввода операторов

Перемещение линий ввода внутри формул

Чтобы изменить формулу, щелкните на ней мышью, поместив таким образом в ее область линии ввода, и перейдите к месту, которое хотите исправить. Перемещайте линии ввода в пределах формулы одним из двух способов:

- щелкая в нужном месте мышью;
- нажимая на клавиатуре клавиши - со стрелками, пробел и <Ins>;
- клавиши со стрелками имеют естественное назначение, переводя линии ввода вверх, вниз, влево или вправо;
- клавиша <Ins> переводит вертикальную линию ввода с одного конца горизонтальной линии ввода на противоположный;
- пробел предназначен для выделения различных частей формулы.

Если раз за разом нажимать клавишу пробела в формуле, пример ввода которой рассмотрен выше (см. рис. 3), то линии ввода будут циклически изменять свое положение, как это показано на рис. 4. Если в ситуации, показанной сверху на этом рисунке, нажать стрелку <- , то линии ввода переместятся влево (рис. 5). При нажатии пробела теперь линии ввода будут попеременно выделять одну из двух частей формулы.

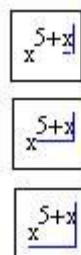


Рис. 4 Изменение положения линий ввода с помощью пробела

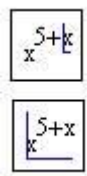


Рис. 5 Изменение положения линий ввода пробелом после сдвига стрелкой

Таким образом, комбинация клавиш со стрелками и пробела позволяет легко перемещаться внутри формул. Иногда поместить линии ввода в нужное место формулы с помощью указателя мыши непросто. Поэтому в MathCAD для этого лучше использовать клавиатуру.

Оборудование и материалы.

Персональный компьютер, программа MathCAD.

Указания по технике безопасности:

Соответствуют технике безопасности по работе с компьютерной техникой.

Задания

Ввод формул

Откройте панель Калькулятор  и панель Оценка .

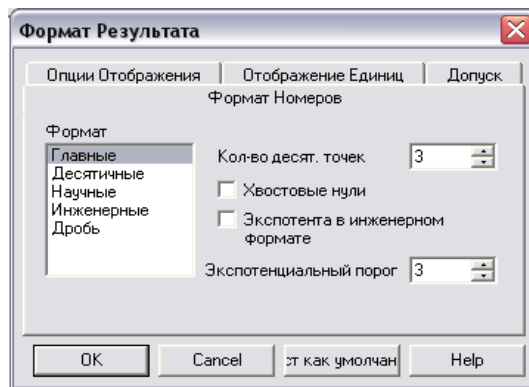
Наберите текст: 2+3= - на экране появится результат вычисления выражения – число 5.

Наберите текст 1.25*2.44= - на экране появится результат вычисления выражения – число 3.05.

Наберите текст 1.5/8 при этом на экране появится выражение в привычном нами виде $\frac{1.5}{8}$. При наборе подобных и более сложных выражений необходимо следить за курсором ввода в виде $\underline{\quad}$ или $\underline{\quad}$, окаймляющего часть выражения. Изменение окаймления осуществляется по клавише “пробел” на клавиатуре. Изменение $\underline{\quad}$ на $\underline{\quad}$ и наоборот выполняется по клавише [Ins], а продвижение курсора $\underline{\quad}$ или $\underline{\quad}$ выполняется клавишами $\rightarrow$ и $\leftarrow$. В данном случае при нажатии клавиши “пробел” выражение примет вид: $\frac{1.5}{8}$. После нажатия клавиши [=] получим результат: 0.188.

При вводе выражений можно использовать математические функции с панели *Калькулятор* или более сложные функции по клавише  на стандартной панели инструментов. Так, если вы щелкните мышью по Sin на панели *Калькулятор*, то в документе на соответствующем месте появится Sin($\blacksquare$). Вместо $\blacksquare$ наберите аргумент функции в виде числа или константного выражения.

По умолчанию результат всех выражений вычисляется с точностью до 3-х знаков после запятой. Точность вычислений можно изменить. Для этого на выражении (оно будет выделено черной рамкой) щелкните два раза левой кнопкой мышки. Появится диалоговое окно *Формат результата (Result Format)*:



Установите закладку *Формат Номеров (Number Format)*, тип формата: “Главное” (General) и в поле ввода *Кол-во десят. точек* нужное число значащих цифр результата, например 6.

Поле ввода *Экспоненциальный порог (Exponential threshold)* формата “Главное” указывает начиная с какого числа цифр целой части выводить число в экспоненциальной форме. Так, если это значение задать равным 2, то число 887.55 будет выведено в экспоненциальной форме 8.8755×10^2 . Результат вычислений можно всегда выводить в экспоненциальной форме установкой типа формата “Научные”.

Перемещение объектов в документе: подведите мышку к требуемому объекту; этот объект будет выделен черной рамкой; перемещая мышку добейтесь появления указателя в виде кисти руки; нажмите левую кнопку мышки и переместите объект в другое место.

Редактирование формул.

При наборе формул возможно появление ошибок набора. Кнопка  на стандартной панели инструментов позволяет отменить последнее действие, выполненное при редактировании, т.е. вернуться к тексту, набранному ранее.

Пример редактирования операнда выражения приведен ниже (в примере показана замена операнда 26 на число 13). Запишите в листе MathCAD следующее выражение. Для того, чтобы подвести черту дроби под всем числителем, нужно написать его, а затем нажимать клавишу «Пробел» пока синий указатель курсора не протянется под всем выражением. После чего нажать клавишу «/» и написать знаменатель.

$$\frac{\sqrt{26} \cdot 133 - 3 \cdot 15}{\ln(4) + 5}$$

Позиционируем курсор мыши за число 6 и щелкнем левой кнопкой мыши

$$\frac{\sqrt{} \cdot 133 - 3 \cdot 15}{\ln(4) + 5}$$

Дважды нажимаем клавишу Backspace

$$\frac{\sqrt{13} \cdot 133 - 3 \cdot 15}{\ln(4) + 5}$$

Набираем число 13

Изменение операций выражения производится в зависимости от того, унарная операция или бинарная.

Пример изменения унарной операции приведен ниже (в примере изменена операция квадратного корня на операцию Sin):

$$\frac{\sqrt{13} \cdot 133 - 3 \cdot 15}{\ln(4) + 5}$$

Позиционируем курсор ввода в режиме вставки

$$\frac{13 \cdot 133 - 3 \cdot 15}{\ln(4) + 5}$$

Нажимаем клавишу Backspace

$$\frac{\sin(13) \cdot 133 - 3 \cdot 15}{\ln(4) + 5}$$

На панели Калькулятор выбираем функцию Sin

Пример изменения бинарной операции приведен ниже (в примере операция умножения изменена на операцию деления):

$$\frac{\sin(13) \cdot 133 - 3 \cdot 15}{\ln(4) + 5}$$

Устанавливаем курсор ввода в режиме вставки перед операцией умножения

$$\frac{\sin(13) \square 133 - 3 \cdot 15}{\ln(4) + 5}$$

Нажимаем клавишу Backspace

$$\frac{\sin(13)}{133} - 3 \cdot 15$$

Нажимаем клавишу / операции деления

Пример вставки бинарной операции приведен ниже (в примере осуществлена вставка операции деления):

$$\frac{\sin(13)}{133} - 3 \cdot 15$$

Устанавливаем курсор ввода под вторым операндом операции деления

$$\frac{\sin(13)}{133} \div 3 \cdot 15$$

На панели Калькулятор выбираем операцию деления

$$\frac{\frac{32}{\sin(13)} - 3 \cdot 15}{133 \ln(4) + 5}$$

Набираем первый операнд операции деления

Если мы попытаемся, как в предыдущем примере, вставить операцию вычитания, то потерпим неудачу, так как эту операцию Mathcad воспринимает как знак перед выражением:

$$\left[\left(\frac{\sin(13)}{133} - 3 \cdot 15 \right) \right] \ln(4) + 5$$

Избежать этого очень просто:

$$\frac{32 \cdot \left(\frac{\sin(13)}{133} - 3 \cdot 15 \right)}{\ln(4) + 5}$$

Набираем первый аргумент операции вычитания

$$\frac{32 - \left(\frac{\sin(13)}{133} - 3 \cdot 15 \right)}{\ln(4) + 5}$$

Два раза нажимаем клавишу Del для удаления операции умножения

Очень часто приходится заключать часть выражения в скобки, например для изменения порядка вычислений. Это осуществляется следующим образом:

$$\frac{\frac{\sin(13)}{133} - 3 \cdot 15}{\ln(4) + 5}$$

Устанавливаем курсор ввода под выражением, которое хотим взять в скобки

$$\frac{\left(\frac{\sin(13)}{133} - 3 \right) \cdot 15}{\ln(4) + 5}$$

Нажимаем клавишу '[' апостроф

При необходимости в уже сформированное выражение можно вставить часть повторяющегося выражения:

$$\frac{\left(\frac{\sin(13)}{133} - 3 \right) \cdot 15}{\ln(4) + 3 + \blacksquare}$$

Операндом сложения является повторяющаяся часть выражения

$$\frac{\left(\frac{\sin(13)}{133} - 3 \right) \cdot 15}{\ln(4) + 3 + \blacksquare}$$

Выделяем повторяющуюся часть выражения

С помощью клавиши  на стандартной панели инструментов копируем выделенное выражение в буфер. Устанавливаем курсор ввода на операнд выражения и по клавише  вставляем скопированное выражение:

$$\frac{\left(\frac{\sin(13)}{133} - 3\right) \cdot 15}{\ln(4) + 3 + \left(\frac{\sin(13)}{133} - 3\right)}$$

Содержание отчета : выполненную работу сохранить в папке под своей фамилией и показать преподавателю

Контрольные вопросы

1. Какие методы ввода формул используются при использовании мыши?
2. Какие методы ввода формул используются при использовании клавиатуры?
3. Как в формулу вставить повторяющееся выражение?
4. Как переместить курсор в нужное место формулы?
5. Как выделить формулу?
6. Как редактировать формулу?

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме:

1. Берлинер, Э. М. САПР в машиностроении : учебник для вузов / Э. М. Берлинер, О. В. Таратынов. – Москва : Форум, 2014. – 448 с.
2. Афанасьева, Н. Ю. Вычислительные и экспериментальные методы научного эксперимента : [учеб. пособие*]. – М. : КНОРУС, 2013. – 330 с.
3. Хлебников, А. А. Информационные технологии : учебник / А. А. Хлебников. – М. : КноРус, 2014. – 472 с.
4. MATHCAD 14: Основные сервисы и технологии Пожарская Г. И., Назаров Д. М. Издатель: Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016

Лабораторная работа2. Переменные и выражения с переменными. Использование функций

Цель работы:

Изучить способы задания переменных с нужной точностью, задание диапазонов переменных, создавать и использовать функции от непрерывного и дискретного аргумента.

Теоретическая часть.

В MathCAD формулы могут размещаться в любом месте рабочего документа MathCAD. Чтобы подвести курсор к нужному месту, не видимому в настоящий момент в окне, можно использовать полосы прокрутки, как в любой программе для Windows. Подобно другим программам для Windows, MathCAD содержит полосу меню. Чтобы вызвать меню, достаточно щелкнуть по нему мышью или нажать клавишу Alt вместе с

подчеркнутым символом. Например, для вызова меню Файл нужно нажать Alt-Ф. Ниже полосы меню находится панель инструментов. Многие команды меню можно быстро вызвать, нажав кнопку на панели инструментов. Для того чтобы узнать, что делает кнопка, достаточно подвести к ней указатель «мыши», и появится строка сообщения.

Прямо под панелью инструментов располагается панель Форматирования. Она содержит шаблоны выбора и кнопки, используемые для задания характеристик шрифтов в уравнениях и в тексте. Каждая кнопка в панели инструментов Математика, открывает в свою очередь новую панель инструментов. Эти панели инструментов служат для вставки операторов, греческих букв, графиков и т. п. В таблице 1.1 приведен список панелей инструментов.

Таблица 1.1

Кнопка	Панель инструментов
	Общие арифметические операторы
	Знак равенства. Знаки отношения
	Различные двух- и трехмерные графики
	Матричные и векторные операции
	Производные, интегралы и пределы. Ряды и произведения
	Программные структуры
	Греческие буквы
	Знаки вычисления и операторы
	Операторы символьных вычислений

Основным преимуществом MathCAD по сравнению с обычным калькулятором являются возможность возвращения к ранее выполненным расчетам и внесения в них изменений. После внесения изменений MathCAD позволяет провести перерасчет всех выражений без их повторного набора. MathCAD также дает возможность сохранить все расчеты в виде файла и вернуться к ним в любое время.

Оборудование и материалы.

Персональный компьютер, программа MathCAD.

Указания по технике безопасности:

Соответствуют технике безопасности по работе с компьютерной техникой.

Задания

Очень часто приходится выполнять выражения или цепочки выражений с использованием переменных. Переменная в MathCad – это идентификатор, которому присваивается числовое значение и который используется в выражениях. Идентификатор – это набор букв и цифр, первым из которых должна быть буква; буквы могут быть латинскими или греческими с соответствующей панели; малые и большие буквы различаются; в качестве цифры может использоваться символ подчеркивания _. Имеется возможность определения идентификаторов с нижним индексом. Для этого перед указанием нижнего индекса необходимо нажать клавишу ['] (точку) и затем набрать

индекс, например $\Psi_{\min}$. Идентификатор с индексом по внешнему виду практически не отличается от элемента одномерного массива. Чисто визуально идентификатор с индексом отличается немного большим удалением индекса вправо в сравнении с элементом массива.

При выполнении цепочки выражений последовательность вычислений в документе определяется слева-направо и сверху-вниз.

Чтобы цепочка выражений была вычислена, необходимо всем переменным из выражений присвоить числовые значения. Присваивания бывают двух видов: локальные и глобальные. Локальное присваивание осуществляется нажатием символа $:=$ на панели Калькулятор. Присвоенное значение в документе начинает действовать с момента его записи (слева-направо и сверху-вниз).

Глобальное присваивание действует в пределах всего документа независимо от места его определения. Глобальное присваивание определяется символом $\equiv$ с панели Оценка. Ниже приведен пример цепочки выражений с использованием локального (для x) и глобального (для a) присваивания:

$$\begin{aligned} x &:= 1 & y &:= x + 3 - \cos(x^2) & z &:= x + y + a \\ x &:= 2 & \mu &:= \frac{y \cdot z}{a} + e^x \\ \mu &= 15.992 & a &\equiv 3 \end{aligned}$$

Конструирование выражений осуществляется аналогично константным выражениям. Промежуточные присваивания переменным осуществляются, как это видно, символом $:=$, окончательные ответы выражений определяются нажатием клавиши [=] на клавиатуре.

В качестве элементов выражения могут использоваться функции определенных интегралов, сумм и произведений с панели Исчисление. Для этого достаточно щелкнуть мышкой по соответствующей функции, чтобы ее трафаретка была перенесена на место курсора. Далее, на место метки ■ поместить соответствующие значения. Пример выражения с использованием функций панели Исчисление приведен ниже:

$$x := 12 \quad y := \int_1^3 \cos(x^2) dx + x^4 + \sum_{i=1}^5 (x + i^2)(\sin(i \cdot x) + 4)$$

+

Среди набора стандартных функций обратим внимание на необычную функцию If, которая используется для присваивания числового значения по условию. Синтаксис функции If:

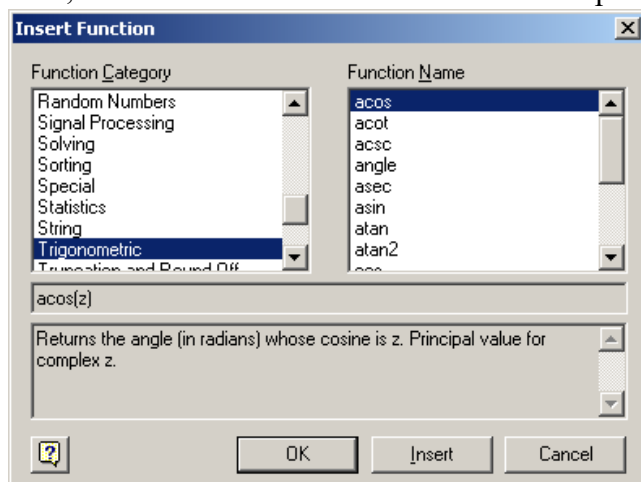
If(условие, значение при выполнении условия, значение при невыполнении условия)

Пример использования функции If приведен ниже:

$$\begin{aligned} x &:= 12 & y &:= \sin(x) + \cos(x) \\ \text{if}(y \leq 0, 0, y) &= 0.307 & \text{if}(y < 5, 0, y) &= 0 \end{aligned}$$

Легче всего вводить имена встроенных функций с клавиатуры, как в примере с вычислением арккосинуса, но, чтобы избежать возможных ошибок в их написании, лучше

выбрать другой путь (тем более что многие из них весьма сложны и имеют несколько аргументов, так что сложно запомнить имена и параметры всех функций наизусть).



Чтобы ввести встроенную функцию в выражение:

1. Определите место в выражении, куда следует вставить функцию.
2. Нажмите кнопку с надписью $f(x)$ на стандартной панели инструментов.
3. В списке **Function Category** (Категория функции) появившегося диалогового окна **Insert Function** (Вставить функцию) выберите категорию, к которой принадлежит функция, — в нашем случае это категория **Trigonometric** (Тригонометрические).
4. В списке **Function Name** (Имя функции) выберите имя встроенной функции, под которым она фигурирует в Mathcad: в нашем примере — арккосинуса (acos). В случае затруднения с выбором ориентируйтесь на подсказку, появляющуюся при выборе функции в нижнем текстовом поле диалогового окна **Insert Function**.
5. Нажмите кнопку **OK** — функция появится в документе.
6. Введите недостающие аргументы введенной функции (в нашем случае это число 0) в местозаполнителе, обозначаемом черным прямоугольником).

Для получения значения осталось лишь ввести знак (численного или символьного) вывода.

Собственные функции пользователя.

Помимо широкого набора стандартных функций в Mathcad возможно определение собственных функций пользователя. Тело этих функций может в общем случае содержать элементы программирования, что будет рассмотрено ниже. В простейшем случае функция может быть определена выражением пользователя. Функция определяется следующим образом:

имя_функции(аргументы):=выражение

где имя_функции — любой идентификатор; аргументы — список аргументов функции через запятую; выражение — любое выражение с использованием стандартных функций и функций пользователя, определенных в документе перед этим. Выражение должно содержать идентификаторы аргументов. Пример цепочки выражений с использованием функций пользователя приведен ниже:

```

x := 12      y := x + tan(x)      f(x,y) := x2 + y2
s(x,y) := x + y + f(x,y)
m := s(x,y) + x      m = 308.508

```

Операции присваивания и вычисления в электротехнике

Применим на практике операции присваивания. Рассчитаем эквивалентное сопротивление двух параллельно включенных резистивных элементов (резисторов) R1 и R2 (рис. 1.4). Нужно учитывать, что MATHCAD выполняет действия над выражениями в строго определенном порядке — блоки анализируются слева направо и сверху вниз. Это значит, что блоки нельзя располагать произвольно — блоки, необходимые для выполнения каких-либо операций, должны предшествовать блокам, выполняющим эти операции. В противном случае MATHCAD укажет на ошибку, выделит переменную, которая не определена, красным цветом.

Учитывая сказанное, следует сначала с помощью операции присваивания задать сопротивления резисторов.

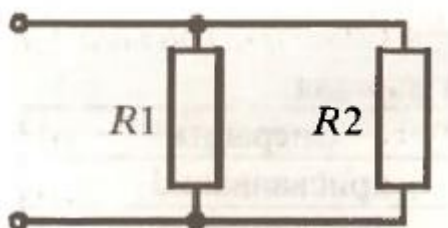


Рис. 1.4. Параллельное включение резисторов

Введите R1:10 [Tab] и R2:15 [Tab], Далее нужно написать формулу эквивалентного сопротивления R12 для параллельно соединенных резисторов R12:R1 * R2 / (R1 + R2) [Tab], Чтобы получить результат вычислений, т.е. вывести значение R12, нужно набрать R12=. На экране дисплея это будет выглядеть следующим образом:

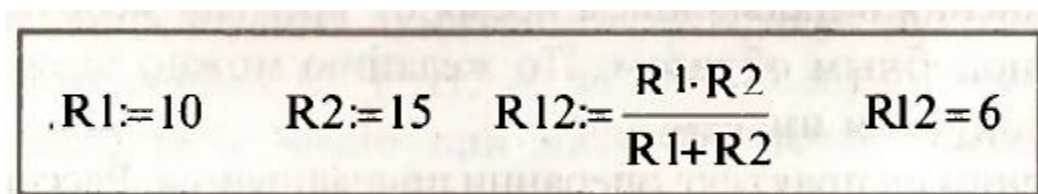
$$R1 := 10 \quad R2 := 15 \quad R12 := R1 \cdot \frac{R2}{(R1 + R2)} \quad R12 = 6$$

Чтобы запись была более привычной, можно выражение в числителе взять в скобки:

$$R1 := 10 \quad R2 := 15 \quad R12 := \frac{(R1 \cdot R2)}{(R1 + R2)} \quad R12 = 6$$

Проще набрать формулу для R12 следующим образом:

R12: R1*R2 [Space]/R1+R2 [Tab], На экране получим


$$R1:=10 \quad R2:=15 \quad R12:=\frac{R1 \cdot R2}{R1+R2} \quad R12=6$$

Есть еще один способ получить формулу для R12 в таком же виде. Введите R12:/. Вы получите дробь, в которую отдельно введите числитель и знаменатель. После нескольких упражнений в вычислениях Вы сами определите, как лучше вводить математические действия и где нужно ставить скобки, а где нет. Полезно запомнить, что в случае сомнения лучше поставить выражение в скобки, чем написать его без скобок. Скобки не повредят.

Содержание отчета : выполненную работу сохранить в папке под своей фамилией и показать преподавателю

Контрольные вопросы

1. Как вставить греческую букву в лист?
2. Как создать глобальную константу?
3. Как задаются аргументы функции?
4. Какие встроенные функции используются в MathCAD?
5. Как создать функцию пользователя?

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме:

1. Берлинер, Э. М. САПР в машиностроении : учебник для вузов / Э. М. Берлинер, О. В. Таратынов. – Москва : Форум, 2014. – 448 с.
2. Афанасьева, Н. Ю. Вычислительные и экспериментальные методы научного эксперимента : [учеб. пособие*]. – М. : КНОРУС, 2013. – 330 с.
3. Хлебников, А. А. Информационные технологии : учебник / А. А. Хлебников. – М. : КноРус, 2014. – 472 с.
4. MATHCAD 14: Основные сервисы и технологии Пожарская Г. И., Назаров Д. М. Издатель: Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016

Лабораторная работа3. Комплексные числа в MathCAD и их применение в электротехнических расчетах

Цель работы:

Изучить основные функции для работы с комплексными числами, способы задания мнимой единицы.

Теоретическая часть.

Mathcad воспринимает комплексные числа в форме $a + bi$, где a и b — обычные числа. Можно использовать букву j вместо i , если это удобнее.

Комплексные числа могут также возникать в результате вычислений, даже если все исходные значения вещественны. Например, если вычислить $\sqrt{-1}$, Mathcad вернёт i .

Хотя можно вводить мнимые числа, сопровождая их i или j , Mathcad обычно отображает их сопровождаемыми i . Чтобы Mathcad показывал мнимые числа с j , выберите **Формат числа** из меню **Математика**, нажмите на кнопку “Глобальный” и переключите “Мн. ед”. на j .

При вводе комплексных чисел не забудьте, что нельзя использовать i или j сами по себе для ввода комплексной единицы. Нужно всегда печатать $1i$ или $1j$, в противном случае Mathcad истолкует i или j как переменную. Когда курсор покидает выражение, содержащее $1i$ или $1j$, Mathcad скрывает избыточную 1.

Специальные операции над комплексными числами

В Mathcad есть следующие специальные функции и операторы для работы с комплексными числами:

$\text{Re}(z)$	Вещественная часть z .
$\text{Im}(z)$	Мнимая часть z .
$\text{arg}(z)$	Угол в комплексной плоскости между вещественной осью и z . Возвращает результат между $-\pi$ и π радиан.
$ z $	Модуль z . Чтобы записать модуль от выражения, заключите его в выделяющую рамку и нажмите клавишу с вертикальной полосой $ $.
$\bar{z}$	Число, комплексно сопряженное к z . Чтобы применить к выражению оператор сопряжения, выделите выражение, затем нажмите двойную кавычку ($''$). Число, сопряжённое к $a + bi$ есть $a - bi$.

Рисунок 2 показывает некоторые примеры использования комплексных чисел в Mathcad.

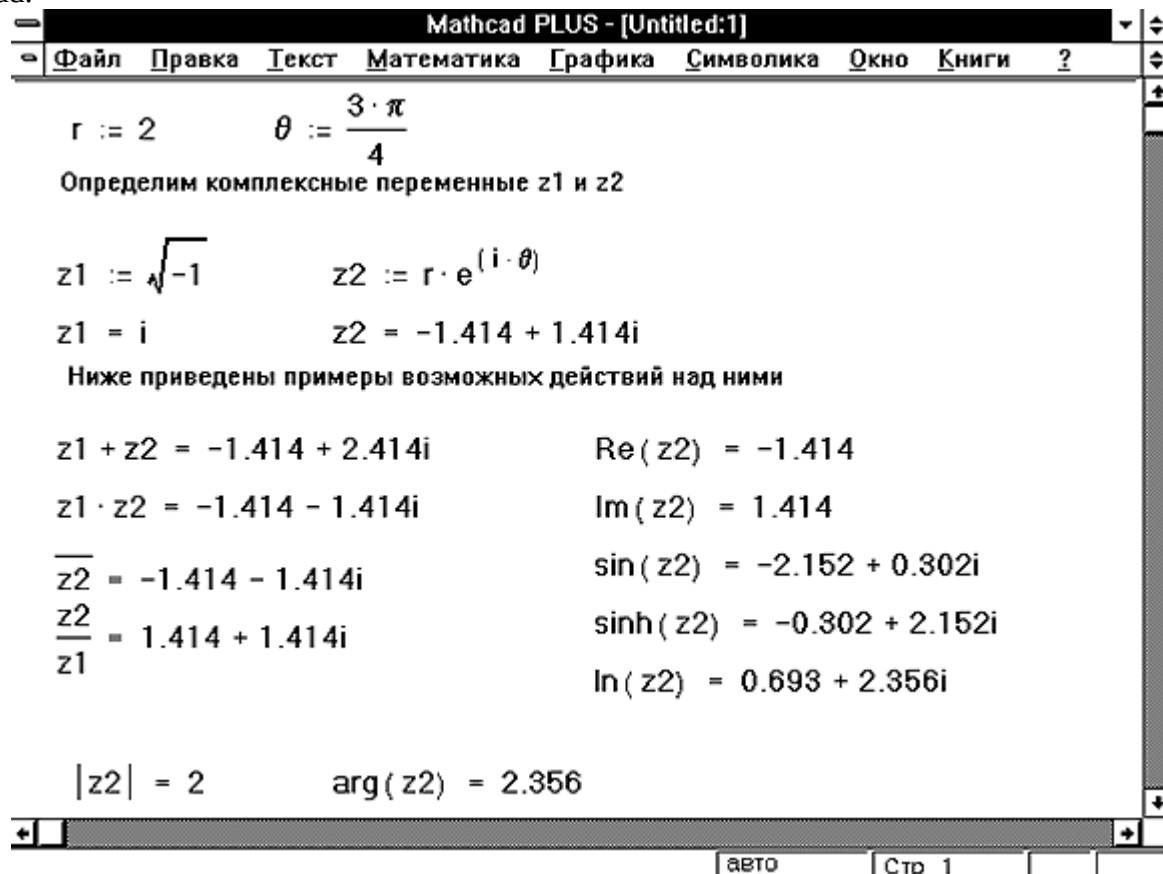


Рисунок 2: Комплексные числа в Mathcad.

Многозначные функции

При использовании в комплексной области многие функции, о которых мы привыкли думать как о возвращающих одно значение, становятся многозначными.

Общее правило состоит в том, что для многозначной функции Mathcad всегда возвращает значение, составляющее на комплексной плоскости самый маленький положительный угол с положительным направлением действительной оси. Оно называется главным значением.

Например, если требуется вычислить $(-1)^{1/3}$, Mathcad вернёт $.5 + .866i$, хотя мы обычно считаем -1 кубическим корнем из 1 . Дело в том, что $.5 + .866i$ составляет с положительным направлением вещественной оси угол только в 60 градусов, в то время как -1 составляет 180 градусов.

Единственное исключение из этого правила — оператор n -ого корня. Этот оператор возвращает вещественный корень всякий раз, когда это возможно. Рисунок 3 показывает эту особенность.

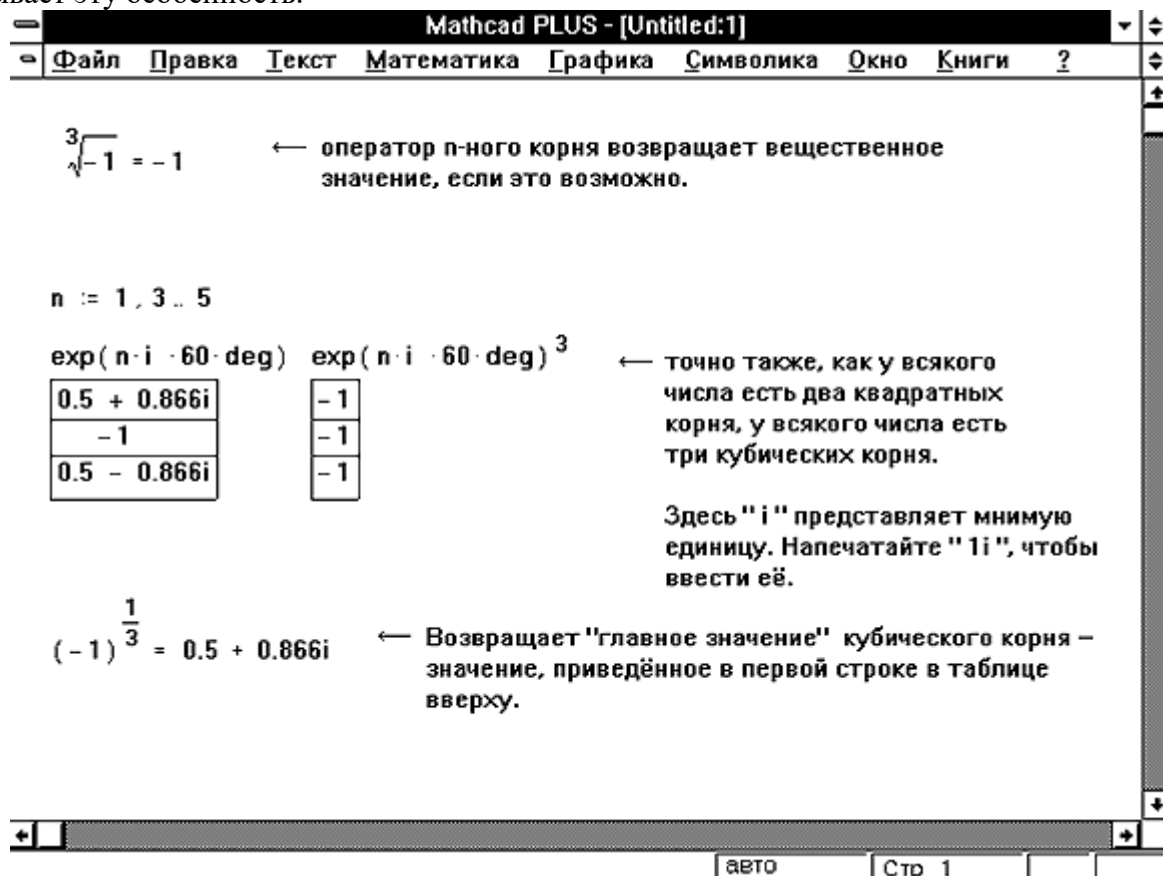


Рисунок 3: Нахождение вещественных корней n -ой степени из отрицательного числа.

Оборудование и материалы.

Персональный компьютер, программа MathCAD.

Указания по технике безопасности:

Соответствуют технике безопасности по работе с компьютерной техникой.

Задания

Требуется выполнить вычисления приведённого примера и своего варианта

1. Создать новый файл. Организовать текстовую область (см. пример 2).

2. Задать мнимую единицу в виде $i = -1$ или $j = -1$.
 3. В выражении A (см. самостоятельную работу №1) одну из переменных (например, x) сделать мнимой (умножить на i или j). Поместить значение выражения в переменную A_complex.
 4. Вычислить A_complex.
 5. Создать текстовую область и поместить в нее надпись (см. пример 2).
 5. Вычислить модуль комплексной величины, поместив его в переменную modul.
- Набрать имя переменной modul, затем оператор присваивания :=, затем имя переменной A_complex, затем знак модуля (взять с панели Арифметика или ввести знак | с клавиатуры).
6. Вычислить действительную и мнимую части комплексной величины с помощью встроенных функций Re() и Im(), поместив значения в переменные real_part и imag_part.
 7. Вычислить аргумент комплексной величины с помощью встроенной функции arg(), поместив значение в переменную argument.
 8. Создать текстовую область и поместить в нее надпись (см. пример 2).
 9. Вычислить модуль, аргумент и само комплексное число, используя математические представления $|z| = \sqrt{x^2 + y^2}, \varphi = \arctg \frac{y}{x}, z = |z|e^{i\varphi}$, где z – комплексное число, x , y – действительная и мнимая части, φ – аргумент. Значения поместить в переменные modul1, argument1, A_complex1. Сравнить со значениями, рассчитанными с использованием встроенных функций.
 10. Второй вариант задания мнимой единицы. Удалить область с записью $i = -1$. Переменные i в выражениях будут красного цвета, что означает ошибку. Поставить курсор перед переменной i и набрать 1, т.е. $1i$. Выполнить щелчок вне области выражения, при этом 1 исчезнет. Исправить таким образом все ошибки.
 11. Сохранить файл с именем task2_фамилия.

Комплексные числа в ЭЭ

Комплексное число в алгебраической форме может быть задано с помощью функции присваивания в виде Z1:=3 + 4i или Z2:= 3 + 4j. Выводиться оба числа будут одинаково в зависимости от того, какое обозначение (i или j) установлено для мнимой единицы.

В случае, если комплексное число задается не численными значениями, а математическим выражением, то ввод j после мнимой части даст ошибку. В этом случае для мнимой части перед j надо поставить знак умножения ($\bullet$). Но перед этим обязательно надо определить i как мнимую единицу. Комплекс в этом случае задается так:

код	на экране
$j := \sqrt{-1}$	$j := \sqrt{-1}$
$Z3 := 120 \cdot \cos(1) + 120 \cdot \sin(1) \cdot j$	$Z3 := 120 \cos(1) + 120 \sin(1) j$ (присваивание)
$Z3 =$	$Z3 = 64.836 + 100.977j$ (вывод)

Пример 2.

Задание №2, вариант 1

$$i := \sqrt{-1} \quad x := 1$$

$$A_complex := \frac{(x \cdot i)^2 + y^2}{\sqrt{1} \cdot x - y} + i \cdot x^{\frac{-1}{2}} y^{\frac{1}{5}}$$

$$A_complex = 0.461 - 0.804i$$

Вычисления с помощью встроенных функций

$modul := A_complex $	$modul = 0.927$
$real_part := \operatorname{Re}(A_complex)$	$real_part = 0.461$
$imag_part := \operatorname{Im}(A_complex)$	$imag_part = -0.804$
$argument := \arg(A_complex)$	$argument = -1.05$

Вычисления по формулам

$modul1 := \sqrt{real_part^2 + imag_part^2}$	$modul1 = 0.927$
$argument1 := \operatorname{atan}\left(\frac{imag_part}{real_part}\right)$	$argument1 = -1.05$
$A_complex1 := modul \cdot e^{i \cdot argument}$	$A_complex1 = 0.461 - 0.804i$

Отметим, что в новых версиях MATHCAD знак умножения между числом 120 и функциями — синусом и косинусом можно не ставить. Это не будет восприниматься как ошибка.

Действительная часть комплексного числа берется с помощью функции Re (например, $\operatorname{Re}(Z3)=64.836$), а мнимая часть — с помощью функции Im (например, $\operatorname{Im}(Z3)=100.977$). Модуль комплексного числа выделяется с помощью функции $|Z3|=120$, которая

вводится нажатием клавиш [[]] Z3. Аргумент комплексного числа, т.е. показатель степени при показательной форме записи, который равен начальной фазе соответствующей синусоидальной функции, выделяется с помощью функции $\arg(Z3)=1$. Здесь аргумент указан в радианах. Чтобы получить сопряженное комплексное число (принятое в MATHCAD обозначение с верхней чертой), нужно после комплексного числа поставить кавычки. Например, если ввести $Z3^*=$, то на экране дисплея получим

$$\overline{Z3} = 64.836 - 100.977j$$

Комплексные числа можно вводить и в показательной форме, например, $Z:50*\exp(1.2j)$ или $Z:50*eA1.2j$.

Далее действия с комплексными числами рассмотрим при расчете электрической цепи, схема которой приведена на рис. 1.5 и 1.6.

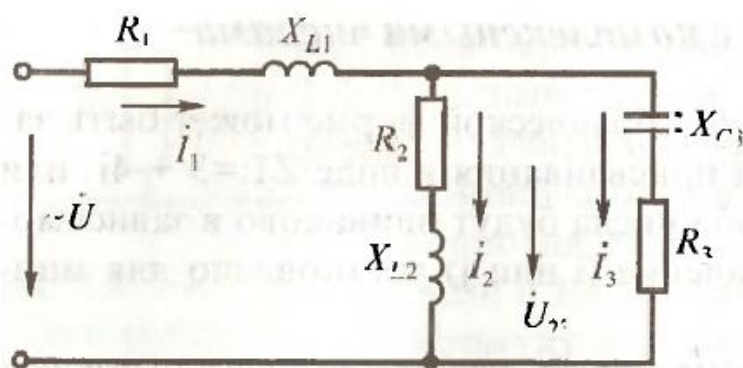


Рис. 1.5. Электрическая цепь со смешанным соединением приемников

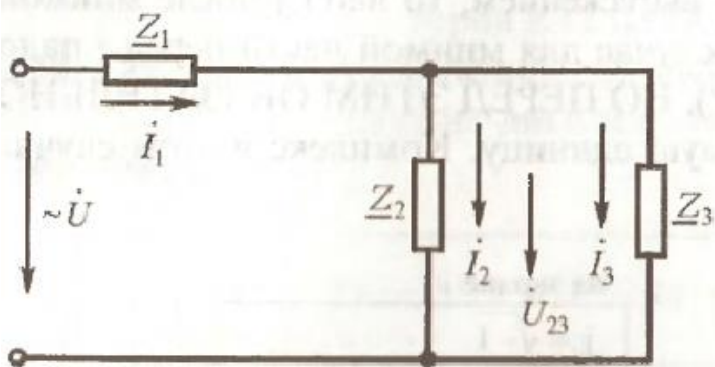


Рис. 1.6. Электрическая цепь со смешанным соединением приемников при расчете ее комплексным методом

На рис. 1.7 представлена копия экрана в системе MATHCAD с расчетом указанной цепи, введите самостоятельно приведенные на рис. 1.7 выражения.

Пример 1. Расчет электрической цепи переменного тока, представленной на рис. 1.5 и 1.6 комплексным методом.

Дано: $U := 220$ $Z_1 := 2 + 3j$ $Z_2 := 3 + 4j$ $Z_3 := 5 - 12j$

Значения сопротивлений даны в омах, а напряжение в вольтах.
Найти токи в каждой ветви и мощность, потребляемую из сети.

Решение:

Эквивалентное
сопротивление всей цепи: $Z_e := Z_1 + \frac{Z_2 \cdot Z_3}{Z_2 + Z_3}$ $Z_e = 6.938 + 5.938j$

Ток в неразветвленной части: $I_1 := \frac{U}{Z_e}$ $I_1 = 18.304 - 15.666j$

Напряжение на разветвленном участке цепи:

$$U_{23} := U - I_1 \cdot Z_1 \quad U_{23} = 136.395 - 23.581j$$

Токи в параллельных ветвях: $I_2 := \frac{U_{23}}{Z_2}$ $I_3 := \frac{U_{23}}{Z_3}$

$$I_2 = 12.594 - 24.653j$$

$$I_3 = 5.71 + 8.987j$$

Полная мощность: $S := U \cdot \overline{I_1}$ $S = 4.027 \times 10^3 + 3.446j \times 10^3$

Активная мощность в ваттах (действит. часть) $\text{Re}(S) = 4.027 \times 10^3$

Реактивная мощность в варах (мнимая часть) $\text{Im}(S) = 3.446 \times 10^3$

Модули токов (действующие значения в амперах)

$$|I_1| = 24.093 \quad |I_2| = 27.684 \quad |I_3| = 10.648$$

Аргументы токов (начальные фазы в радианах)

$$\arg(I_1) = -0.708 \quad \arg(I_2) = -1.098 \quad \arg(I_3) = 1.005$$

Рис. 1.7. Расчет электрической цепи переменного тока

Индексы у сопротивлений и токов можно вводить либо открывающей квадратной скобкой ($Z [1]$) или точкой ($Z . 1$). Надо только помнить, что в первом случае Zj задается как индексированная переменная, т.е. как элемент массива, а во втором случае просто как переменная с символьным индексом.

Поскольку многие привыкли выражать углы не в радианах, а в градусах, то в MATHCAD предусмотрена и такая возможность. Аргументы тригонометрических функций можно записывать в градусах, ставя после них наименование deg. Например:

синус 30 градусов $\sin(30\text{deg})=0.5$,

косинус 30 градусов $\cos(30\text{deg})=0.866$,

синусоидальная функция $\sin(\omega t + 30\text{deg})$,

показательная функция $e^{j \cdot 15\text{deg}}$

Чтобы перевести радианы в электрические градусы, нужно функцию разделить на deg. Например, арксинус от 0,5 равен 0,524 радиана или 30 градусов:

$\text{asin}(0.5) = 0.524$	$\frac{\text{asin}(0.5)}{\text{deg}} = 30$
----------------------------	--

В тексте комплексные величины обозначаются с точками наверху (/) или подчеркнуты прямой линией (z), а на экране дисплея в системе MATHCAD эти величины не имеют таких дополнительных обозначений. Отметим, что символы и идентификаторы, набранные в тексте курсивом, в системе MATHCAD набраны прямым шрифтом.

Контрольные вопросы

1. Как получить действительную часть комплексного числа?
2. Как получить мнимую часть комплексного числа?
3. Как перевести радианы в градусы?
4. Как найти модуль комплексного числа?
5. Как найти аргумент комплексного числа?
6. Как задается мнимая единица?

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме:

1. Берлинер, Э. М. САПР в машиностроении : учебник для вузов / Э. М. Берлинер, О. В. Таратынов. – Москва : Форум, 2014. – 448 с.
2. Афанасьева, Н. Ю. Вычислительные и экспериментальные методы научного эксперимента : [учеб. пособие*]. – М. : КНОРУС, 2013. – 330 с.
3. Хлебников, А. А. Информационные технологии : учебник / А. А. Хлебников. – М. : КноРус, 2014. – 472 с.
4. MATHCAD 14: Основные сервисы и технологии Пожарская Г. И., Назаров Д. М. Издатель: Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016

Лабораторная работа4. Графики функций

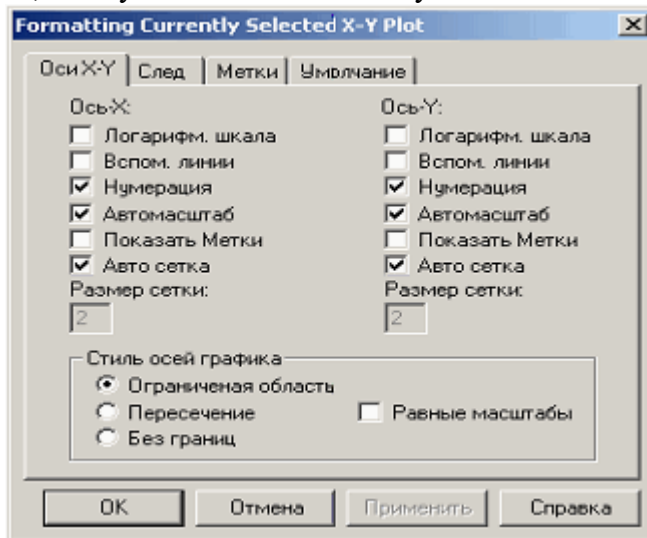
Цель работы:

Изучить способы построения и редактирования графиков функций одной и двух переменных, графиков в полярных координатах.

Теоретическая часть.

Форматирование двумерных графиков.

Для вывода окна форматирования двумерного графика достаточно поместить указатель мыши в область графика и дважды щелкнуть левой кнопкой мыши. В окне документа появится окно форматирования. Оно имеет ряд вкладок. Вкладка становится активной, если установить на ее имя указатель мыши и щелкнуть левой кнопкой.



Как видно на рисунке окно форматирования имеет четыре вкладки:
оси X-Y- задание параметров форматирования осей;
линии графика – задание параметров форматирования линий графика;
надписи – задание параметров форматирования меток осей;
по умолчанию – назначение установленных параметров форматирования параметрами по умолчанию.

1. Форматирование осей графика.

На вкладке X-Y оси содержатся следующие основные параметры, относящиеся к осям X и Y (Axis X и Axis Y):

- Логарифмический масштаб – установление логарифмического масштаба;
 - Линии сетки – установка линий масштабной сетки;
 - Пронумеровать – установка цифровых данных по осям;
 - Автомасштаб – автоматическое масштабирование графика;
 - Нанести риски – установка делений по осям;
 - Автосетка – автоматическая установка масштабных линий;
 - Число интервалов – установка заданного числа масштабных линий.
- Группа Стиль осей позволяет задать стиль отображения координатных осей:
- Рамка – оси в виде прямоугольника;
 - Визир – оси в виде креста;
 - Ничего – отсутствие осей;
 - Равные деления – установка одинакового масштаба по осям графика.

2. Форматирование линий графиков.

Эта вкладка служит для управления отображением линий, из которых строится график. На этой вкладке представлены следующие параметры:

- Метка легенды – выбор типа линии в легенде;
- Символ – выбор символа, который помещается на линию, для отметки базовых точек графика;
- Линия – установка типа линии;
- Цвет – установка цвета линии и базовых точек;
- Тип – установка типа графика;
- Толщина – установка толщины линии.

Узловые точки (точки, для которых вычисляются координаты) графиков часто требуется выделить какой-нибудь фигурой. Список столбца Symbol позволяет выбрать следующие отметки для базовых точек графика каждой из функций:

ничего – без отметки;
x's – наклонный крестик;
+'x – прямой крестик;
квадрат – квадрат;
ромб – ромб;
o's – окружность.

Список в столбце Линия позволяет выбрать типы линий: непрерывная, пунктирная, штрих-пунктирная.

Раскрывающийся список столбца Type позволяет выбрать следующие типы линий графика:

линия – построение линиями;
точки – построение точками;
интервалы – построение вертикальными черточками с оценкой интервала погрешностей;
столбец – построение в виде столбцов гистограммы;
ступенька – построение ступенчатой линией;
протяжка – построение протяжкой от точки до точки.

3. Задание надписей на графиках.

Эта вкладка позволяет вводить в график дополнительные надписи. Для установки надписей служат поля ввода:

Заголовок – установка титульной надписи к рисунку;
Ось X – установка надписи по оси X;
Ось Y – установка надписи по оси Y.

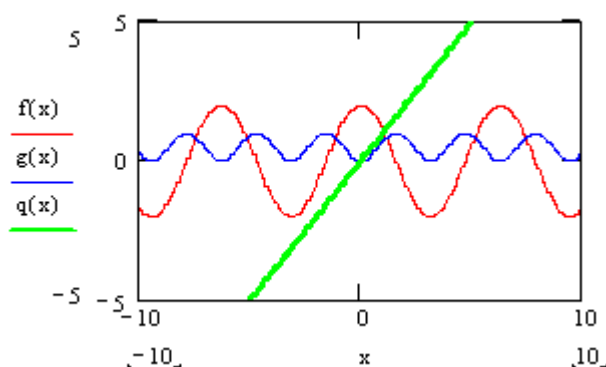
В группе Заголовок имеются переключатели сверху и снизу для установки титульной надписи либо над графиком, либо под ним.

4. Параметры графиков по умолчанию.

Вкладка "По умолчанию" позволяет назначить установленные на других вкладках параметры форматирования параметрами по умолчанию. Для этого служит флажок установки "использовать по умолчанию". Щелкнув на кнопке "вернуть значения по умолчанию" можно вернуть стандартные параметры графика.

Постройте график функции $p(x)=5*x^6-3$, задав свой цвет и стиль кривой.

А теперь рассмотрим, как на одном рисунке отобразить несколько графиков, например $y=2*\cos(x)$, $y=\sin(x)^2$ и $y=x$.



Алгоритм выглядит так:

Задайте данные функции (обозначьте их, например $f(x)$, $g(x)$, $q(x)$):
 $f(x) := 2 \cdot \cos(x)$ $g(x) := \sin(x)^2$ $q(x) := x$

Вызвав шаблон графика, введите по оси X имя независимой переменной (или переменных, если их несколько), по оси Y введите $f(x)$, поставьте запятую (при этом первое выражение уходит вверх, а под ним появляется место ввода), введите $g(x)$, знак запятой и следующее выражение $q(x)$.

Отведя указатель мыши за пределы графика, щелкните левой кнопкой мыши – появится график с тремя кривыми.

Постройте на одном рисунке графики функций $y=x^2+2*x$, $y=\lg(x)$, $y=x-5$.

После того, как мы освоили построение двумерных графиков одной или нескольких функций, рассмотрим построение графиков поверхностей (трехмерные или 3D-графики). С помощью системы MathCad такие графики строятся даже проще, чем двумерные.

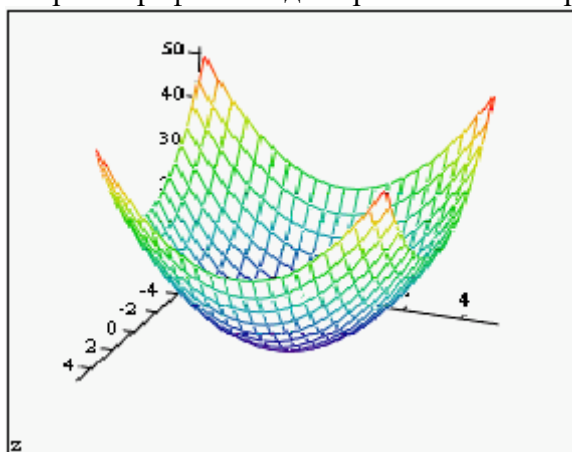
Построим график функции $z(x,y)=x^2 + y^2$, для этого:

Задайте функцию двух переменных: $z(x,y) := x^2 + y^2$.

Используя палитру графики, введите шаблон трехмерного графика.

На единственное место ввода под шаблоном введите z .

Выведите курсор мыши за пределы графика и щелкните левой клавишей мыши – будет построен график в виде "проволочного каркаса".



Оборудование и материалы.

Персональный компьютер, программа MathCAD.

Указания по технике безопасности:

Соответствуют технике безопасности по работе с компьютерной техникой.

Задания

Построение графиков функции одной переменной.

На панели инструментов для ввода математических объектов щелкните на кнопке  - на экране появится панель построения графиков. На этой панели щелкните на кнопке с изображением двухмерного графика  - на экране появится шаблон графика, как это показано на рис.51.4 (шаблон графика можно вывести также нажатием клавиши [@]). Введите на месте метки снизу оси X имя независимого аргумента – x . Введите на месте метки слева от оси Y функцию, для которой строится график, например $\sin(x)^3$.

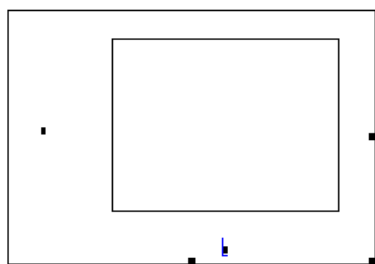


Рис.51.4

Поместите указатель мыши на область построения графика и щелкните левой кнопкой мыши – график будет построен (см. Рис.51.5).

Для перемещения графика в другое место листа необходимо поместить указатель мыши на рамку, чтобы появилась черная ладошка, и нажав левую кнопку мыши, перетащить график в другое место.

Для изменения размеров графика используются черные квадратики по центру и в углу рамки, при этом направление изменения границы графика указывается стрелкой.

На одной плоскости графика можно построить графики нескольких функций. Добавим к уже построенному графику на рис.51.5 еще один график $\cos(x)$. Для этого на выражении $\sin(x)^3$ рис.51.5 щелкните левой кнопкой мыши, появится маркер ввода в виде синего уголка. Добейтесь, чтобы этот маркер охватил все выражение $\sin(x)^3$. На клавиатуре наберите символ запятой, при этом маркер ввода переместится вниз на новое место. Наберите функцию нового графика $\cos(x)$. Выведите курсор мыши за поле графика и щелкните левой кнопкой. На графике будут построены две функции $\sin(x)^3$ и $\cos(x)$. Новый график к уже построенным функциям добавляется аналогично.

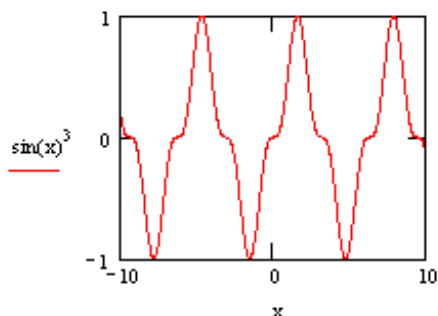
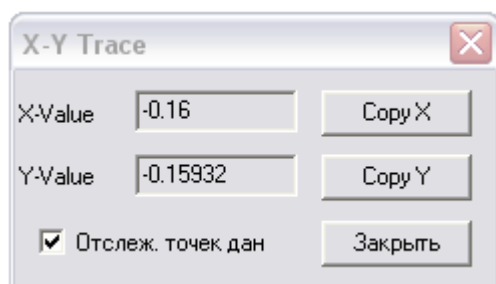


Рис.51.5

Стандартно диапазон изменения функций по оси Y определяется автоматически, а по оси X задается диапазон от -10 до $+10$. Диапазон по X можно изменить следующим образом. Подведите указатель мыши к шкале по оси X и щелкните левой кнопкой мыши. При этом ниже появятся метки для ввода пределов по оси X. Измените эти пределы. Аналогично меняется диапазон по оси Y.

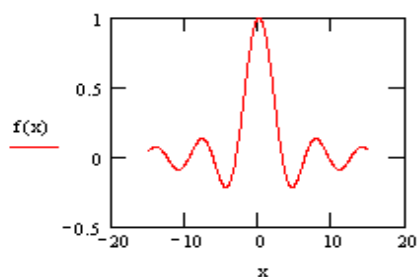
По умолчанию графики строятся по точкам с автоматическим изменением шага по оси X. При очень сложных функциях возможна потеря информации и поэтому для них необходимо задавать свой шаг изменения по оси X. Это делается с использованием ранжированной переменной x, как это показано, например, на рис.51.6.

В случае, когда необходимо точное определение координат линии графика, выполняется трассировка. Переместите курсор мыши в поле графика и вызовите контекстное меню правой кнопкой мыши. Выберите пункт меню *След*. Появится окно трассировки графика, показанное ниже:



Установите флажок *Отслеж.точек дан*, чтобы выбиралась ближайшая линия графика к указателю мыши. Указатель мыши поместите в нужную точку графика (эта точка будет отображаться на пересечении двух пунктирных линий). В окне трассировки появятся координаты отмеченной точки графика. Эти координаты можно переместить в буфер обмена и потом поместить их в документ Mathcad или другой документ, например Word.

$$f(x) := \frac{\sin(x)}{x} \quad x := -15, -14.95 \dots 15$$



Заканчивается трассировка нажатием клавиши *Закреть*.

Выделение области построения графиков с помощью мыши.

Правой кнопкой мыши выведите контекстное меню. Выберите пункт меню *Масштаб*. При этом на графике появится дополнительное диалоговое окно, как это показано на рис.51.7.

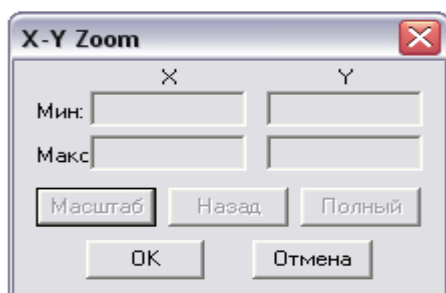


Рис.51.7

Подведите указатель мыши в левый верхний угол выделяемой области на графике, нажмите левую кнопку мыши и протяните мышь вниз и вправо. На графике выделенная область будет отмечена пунктирной линией. Отпустите левую кнопку мыши и нажмите в диалоговом окне кнопку *Масштаб*. Построится график выделенной области. В этой области можно таким же образом задать новую область и т.д. Кнопка *Назад* возвращает на одну выделенную область назад. Кнопка *Полный* восстанавливает исходную область графика. Кнопка *Ок* убирает диалоговое окно.

Форматирование двумерных графиков.

Поместите указатель мыши в область графика и дважды щелкните левой кнопкой мыши. Появится окно форматирования, показанное на рис.51.8. Выберите вкладку Оси X-Y.

Флажки по осям X и Y задают следующее:

Сетка – устанавливает линии масштабной сетки;

Нумерация – установка цифровых данных по осям;

№ сеток – установка заданного числа масштабных линий (при установленном флажке Сетка);

- флажки *Коробкой*, *Пересечение*, *Нет* задают место расположения координатных осей;

- флажок *Одинаковые* устанавливает одинаковый масштаб по осям графика.

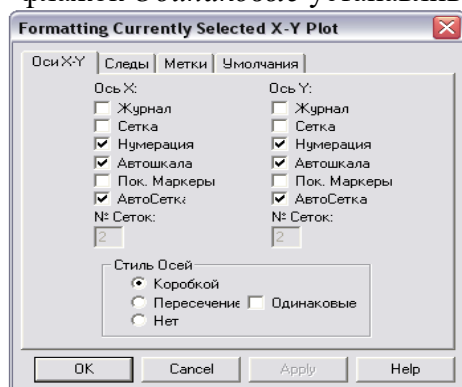


Рис. 51.8

Вкладка *Следы* диалогового окна рис.51.9 устанавливает цвет и тип линий каждого графика. Использование этой вкладки очевидно и здесь не объясняется.

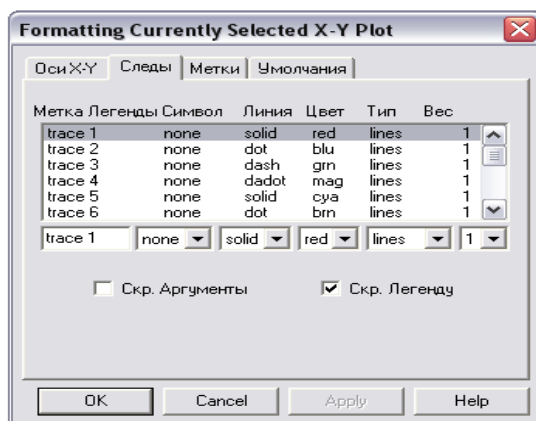


Рис.51.9

Вкладка *Метки* позволяет задавать надписи по осям координат и для всего графика. Использование этой вкладки очевидно.

Вкладка *Умолчания* позволяет устанавливать все заданные параметры графика по умолчанию.

Построение трехмерных графиков

Если в прежних версиях Mathcad для построения трехмерного графика обязательно требовалось создание массива значений функции, то теперь процедура построения графика упростилась.

Наберите имя функции двух переменных, оператор присваивания (:=) и выражение функции.

Установите курсор в то место, где вы хотите построить график.

На математической панели Graph (График) щелкните на кнопке Surface Plot (Трехмерный график). На месте курсора появится шаблон трехмерного графика.

В единственное место ввода шаблона графика введите имя функции.

Щелкните мышью вне области шаблона. График будет построен (рис. 1)

Кроме ускоренного построения графика поверхности по функции двух переменных существует и часто применяется другой способ создания графика поверхности с использованием массива численных значений функции.

С помощью дискретных переменных введите значения обоих аргументов заданной функции.

Введите массив, элементами которого являются значения функции, вычисленные при заданных значениях аргументов.

Установите курсор в то место, где вы хотите построить график.

На математической панели Graph щелкните на кнопке Surface Plot. На месте курсора появится шаблон трехмерного графика.

В единственном месте ввода шаблона графика введите имя функции.

Щелкните мышью вне области шаблона. График будет построен (рис 2)

Построенный таким образом график оказывается черно-белым,

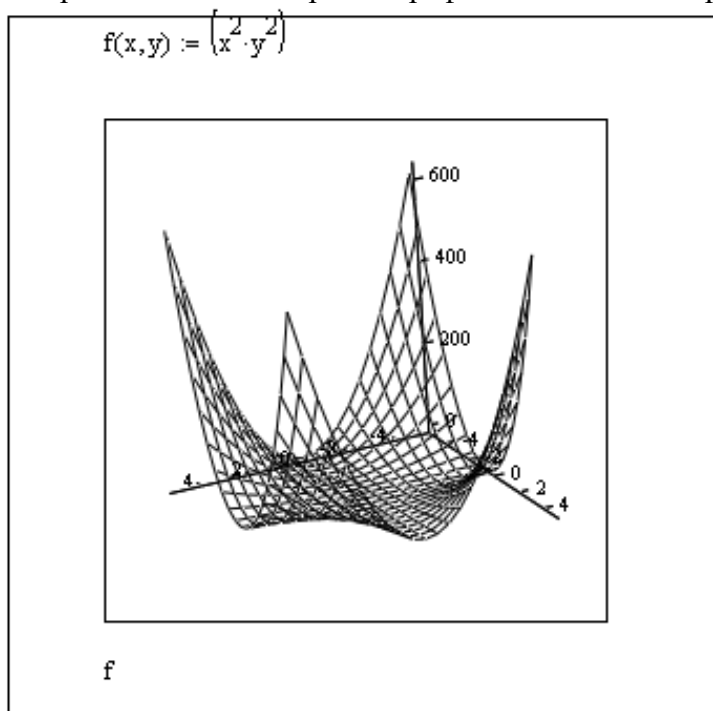


Рис.1. Построение трехмерного графика

а потому не слишком красивым.. Mathcad позволяет сделать из него почти произведение искусства.

Выполните описанную ниже процедуру.

Дважды щелкните мышью в области графика — появится окно форматирования графика (рис. 3).

Перейдите на вкладку Appearance (Оформление) и установите переключатели Fill Surface (Залить поверхность) и Colormap (Цветовая карта). Щелкните мышью на кнопке Apply (Применить), чтобы сделать график цветным.

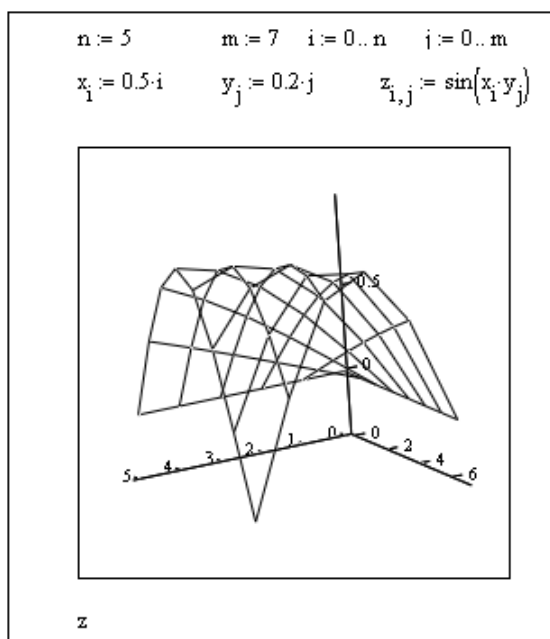


Рис.2. Создание графика с использованием массива численных значений

В окне форматирования перейдите на вкладку Lighting (Освещение) и установите флажок Enable Lighting (Включить освещение) и переключатель On (Включить). Выберите одну из 6 возможных схем в списке Lighting scheme (Схема освещения) и щелкните на кнопке Apply (Применить) или ОК.

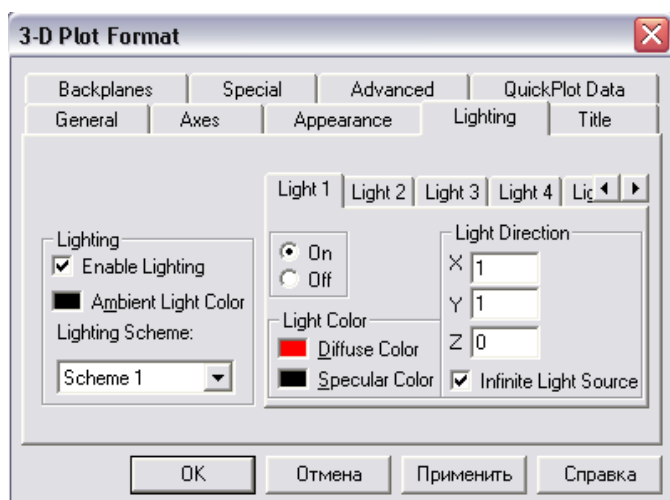


Рис.3. Окно форматирования графика

4. Щелкните правой кнопкой мыши на графике — откроется контекстное меню, дающее дополнительные возможности по улучшению вида графика. Выбирая разные команды, смотрите, как они влияют на вид графика (Рис. 4).

5. В окне форматирования на вкладке General (Общие) в группе Display as (Показать как) имеется 6 переключателей, позволяющих выбрать тип графика (см. рис. 3):

Surface plot — график поверхности;

Contour plot — график линий уровня;

Data points — на графике представлены только расчетные точки;

Vector Field plot — график векторного поля;

Bar plot — график трехмерной гистограммы;

Patch plot — площадки расчетных значений.

Чтобы выбрать тот или иной тип графика, нужно установить соответствующий переключатель и щелкнуть на кнопке Apply. Оцените все типы графиков.

Существуют дополнительные способы управления графиком.

Вращение графика выполняется после наведения на него указателя мыши при нажатой левой кнопке мыши.

Масштабирование графика выполняется аналогично, но при нажатой дополнительно клавише Ctrl.

Анимация графика выполняется аналогично, но при нажатой дополнительно клавише Shift. Для остановки вращения следует щелкнуть левой кнопкой мыши внутри области графика.

Окно, приведенное на рис. 3, содержит 9 вкладок, открывающих широкие возможности по форматированию графиков

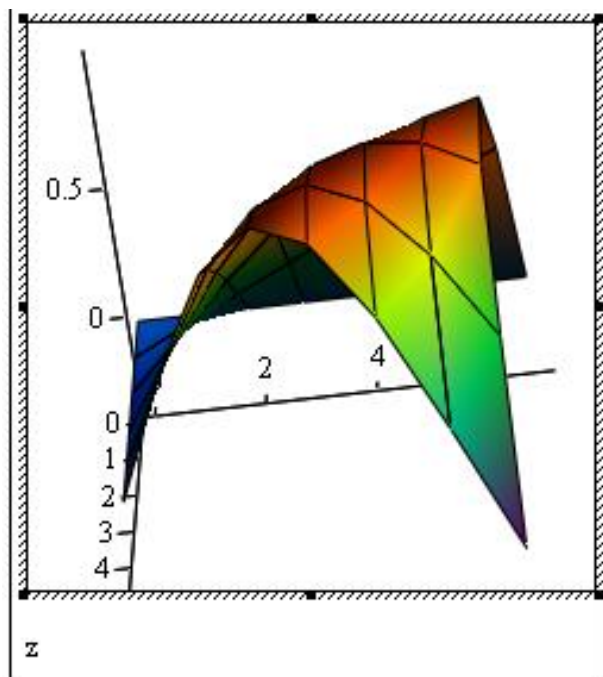


Рис.4. Вид графика после форматирования.

Построение графиков функций двух переменных (поверхностей).

Определите функцию $Z(X,Y)$ двух переменных X и Y . На панели построения графиков щелкните по кнопке  построения поверхностей. На экране появится шаблон построения поверхностей, как показано на рис. 5. Единственным полем ввода этого шаблона

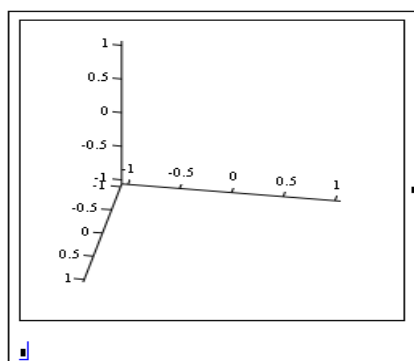


Рис.5

является левый нижний угол, где наберите имя функции Z. Переместите указатель мыши за поле графика и нажмите левую кнопку мыши, поверхность для Z(X,Y) будет построена (см. рис. 6).

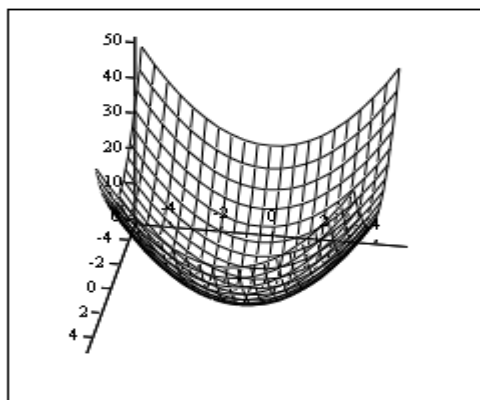
На одном графике можно построить несколько поверхностей. Для этого необходимо перед графиком определить функции строимых поверхностей. В левом нижнем углу шаблона графика указать через запятую все функции.

Вращение поверхностей.

Поместить указатель мыши в область графика и, удерживая левую кнопку мыши, передвигать мышь в том или ином направлении.

Если оперировать мышью при нажатой клавише Ctrl, можно с ее помощью отдалять и приближать объект.

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



z

Рис. 6

Форматирование трехмерных графиков.

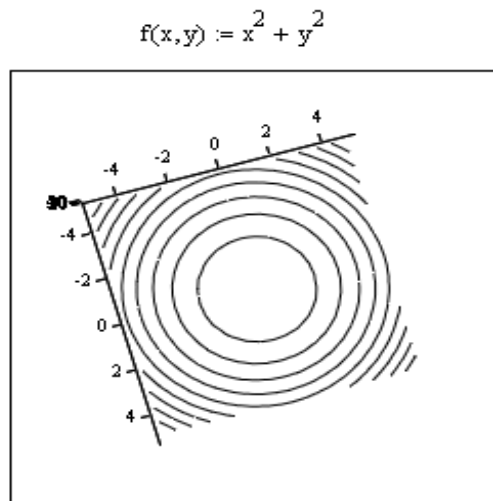
Окно диалога форматирования выводится нажатием левой кнопки мыши в поле координат поверхности. Окно форматирования представлено на рис.3.

Вкладки *Plot1*, *Plot2*, *Plot3* означают соответственно поверхности 1,2,3 в порядке, определенном при указании функций в шаблоне при построении поверхностей.

Вкладка *Axes* служит для установки параметров координатных осей. Назначение флажков и режимов этой вкладки очевидно.

Вкладка *Lighting* позволяет задать эффект подсветки поверхности. Режим *Enable Lighting* позволяет включить определенные варианты схемы подсветки. Имеется возможность подсветки различными источниками света *Ligth I*, помещенными в точку с координатами X,Y,Z.

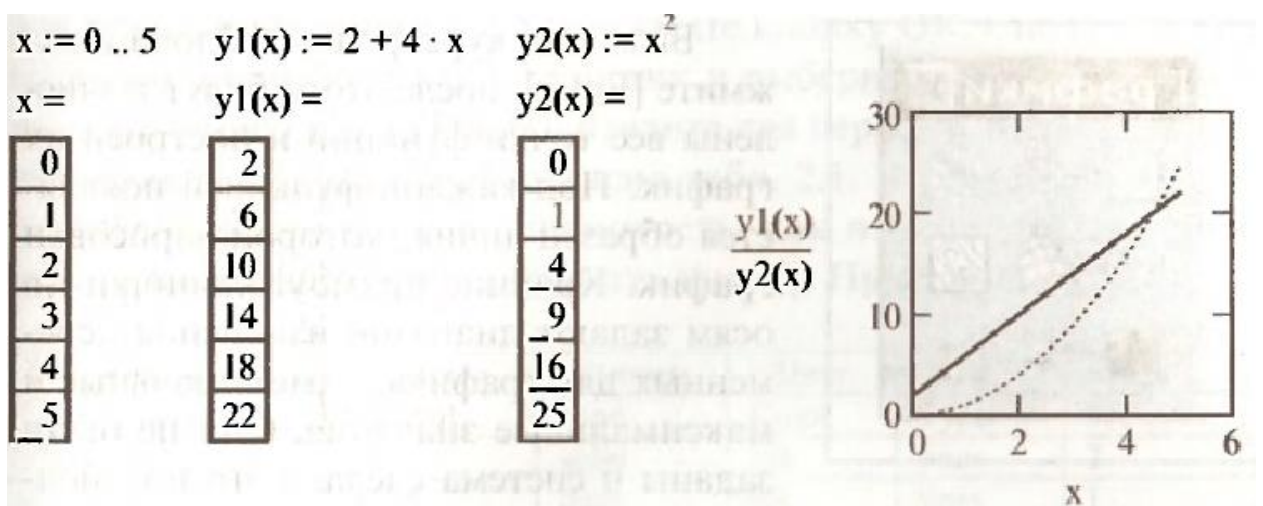
Кроме непосредственно построения поверхности возможно построение линий уровня поверхности. Для этого откройте вкладку *Special* и установите флажок *Draw lines*. Пример построения линий уровня приведен на рис 7.



f
Рис. 7

Построение графиков функций дискретного аргумента

Познакомимся с работой графического процессора. Зададим две функции дискретного аргумента x : линейную функцию $y_1(x) = 2 + 4x$ и параболу $y_2(x) = x^2$. Дискретный аргумент x изменяется в диапазоне от нуля до пяти. Требуется построить графики этих функций. На рис. 2.4 показано, как задаются и выводятся дискретный аргумент и его функции. Если аргумент не будет определен заранее, то это воспримется как ошибка.



Для задания шаблона графика следует вывести курсор из вычислительного блока и поместить его в то место, которое будет левым верхним углом графика. Это место должно быть обязательно ниже строчек задания аргумента и определения функций. В противном случае будет сообщение об ошибке (не определены переменные). Затем нужно: выбрать в меню Вставка (Insert) опцию График (Graph) и в ней X—Y зависимость @ (X—Y Plot @), либо в панели инструментов (рис. 2.5) выбрать кнопку Инструменты графиков (Graph Toolbar) (кнопка с графиками, выделенная более светлым тоном), щелкнув мышью по

этой кнопке и в открывшейся панели Графики (Graph) (рис. 2.6) выбрать Декартов график (X—Y Plot Shift+2) (верхняя левая кнопка), либо просто ввести символ @ (Shift + 2).

На экране появится шаблон для графика. Средние прямоугольники, расположенные вдоль осей x и y , служат для указания переменных — аргумента и функции (или нескольких функций). В качестве аргумента введите по горизонтальной оси x , а в качестве функций по вертикальной оси $y_1(x)$ и $y_2(x)$ через запятую. Чтобы управлять курсором, следует использовать указатель мыши или клавишу [Tab]. Если функций больше двух, то все они перечисляются по списку через запятую.

Выведите курсор вне шаблона и нажмите [Enter], после этого будут вычислены все точки функций и построен их график. Под каждой функцией появляется образец линии, которой нарисован график. Крайние прямоугольники по осям задают диапазон изменения переменных для графика — минимальные и максимальные значения. Они не были заданы и система сделала это по умолчанию сама, автоматически, отмечая цифры уголками. Если ввести нужные цифры вручную, то уголки будут отсутствовать. Поставьте курсор внутри графика и щелкните кнопкой мыши. Измените верхний предел по оси x , заменив цифру 6 на цифру 5. Посмотрите, как изменится график.

Форматирование графика

График, показанный на рис. 2.4, был нарисован по умолчанию. График можно изменить по своему желанию, форматируя его. Рассмотрим основные этапы форматирования. Поставьте указатель мыши в область графика и щелкните правой клавишей мыши. В появившемся диалоговом окне выберите опцию Формат (Format). После этого открывается страница выбора характеристик кривых. Или ее можно вызвать, щелкнув дважды по левой клавише мыши, когда указатель мыши находится в области графика.

В верхней линейке страницы выберите опцию Оси X—Y (X—Y Axes) (если она не открылась автоматически). Установите активными только две опции: Вспом. Линии (Grid Lines или Линии сетки) и Нумерация (Numbered) (в окнах этих опций должны быть установлены галочки, а остальные окна пустые). В окне Размер сетки (Number of Grids) для обеих осей установите 5 и нажмите кнопку ОК. Снова войдите на страницу выбора характеристик и выберите теперь в верхней линейке опцию След (Traces). Введите для первой кривой y_1 и второй кривой y_2 установки согласно табл. 2.1. Чтобы не выходя из режима форматирования посмотреть, как изменяются графики, вместо кнопки ОК следует нажать кнопку Применить.

Таблица 2.1

Имя в легенде	Символ	Линия	Цвет	Тип	Вес
Legend Label	Symbol	Line	Color	Type	Weight
$y_1(x)$	o's	solid	blk	lines	2
$y_2(x)$	none	dash	blk	lines	1

Иногда бывает нужно выделить узловые точки графика для наглядности какой-либо фигурой: кружком, крестиком, ромбом и т.д.

Опция Символ позволяет задать следующие отметки базовых точек графика:

попе (без отметки), x's (наклонный крестик), +'s (прямой крестик), box (квадрат), dmnd (ромб), o's (окружность). Узловые точки первой кривой отмечены окружностями, а второй — начерчены без отметок. Для выделения графиков используются линии (Line) различного типа: попе (линия не строится), solid (сплошная), dash (пунктир), dadot штрих-пунктир). Первая кривая построена сплошной линией, а вторая — пунктирной. Цвет у обоих графиков выбран черный (blk). Отформатированный график показан на рис. 2.7. Можно поэкспериментировать, задавая различную толщину линий графиков (Вес) и линии различного типа.

$$x := 0 \dots 5 \quad y1(x) := 2 + 4 \cdot x \quad y2(x) := x^2$$

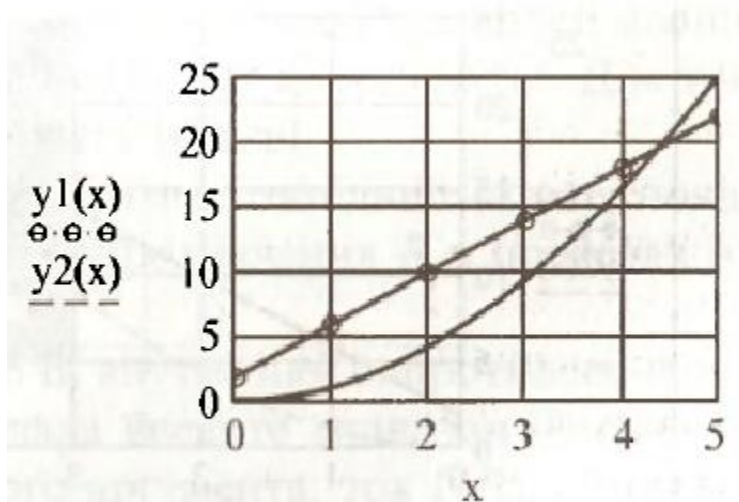


Рис. 2.7. Отформатированный график

Можно войти еще раз на страницу выбора характеристик и выбрать теперь в верхней линейке опцию Метки (Labels). После этого можно ввести название графика и названия осей X и Y.

Часть графика можно просмотреть в увеличенном виде. Для этого поставьте указатель мыши в область графика и щелкните правой клавишей мыши. В открывшемся окне выберите опцию Масштаб (Zoom). При этом откроется информационное окно X—Y Zoom. Поставьте указатель мыши на график и с его помощью выделите (двигая мышь при нажатой левой клавише) участок графика, который хотите увеличить. После выделения нажмите кнопку Масштаб+ (Zoom) и просмотрите выделенную часть графика в увеличенном масштабе, затем нажмите кнопку Масштаб- (Unzoom) или Обзор (Full View). График примет первоначальный вид.

Чтобы увидеть координаты любой точки на графике, необходимо установить указатель мыши в область графика и щелкнуть правой клавишей мыши. В открывшемся окне выберите опцию Трассировка (Trace). При этом откроется информационное окно X—Y Trace. Если След точек данных (Track Data Points) включен, то показываются координаты только тех точек, которые заданы (в нашем случае $x=0,1,2,3,4,5$). Если же След точек данных (Track Data Points) выключен, то могут быть показаны координаты любой точки, лежащей на графике. Включить и выключить След точек данных можно, щелкнув мышью

по этой надписи или по белому квадратику, расположенному перед ней. Когда След точек данных включен, то в квадратике появляется галочка, а когда выключен — квадратик пустой (рис. 2.8). Выключите След точек данных, поместите курсор мыши в любую точку графика и нажмите левую кнопку мыши.

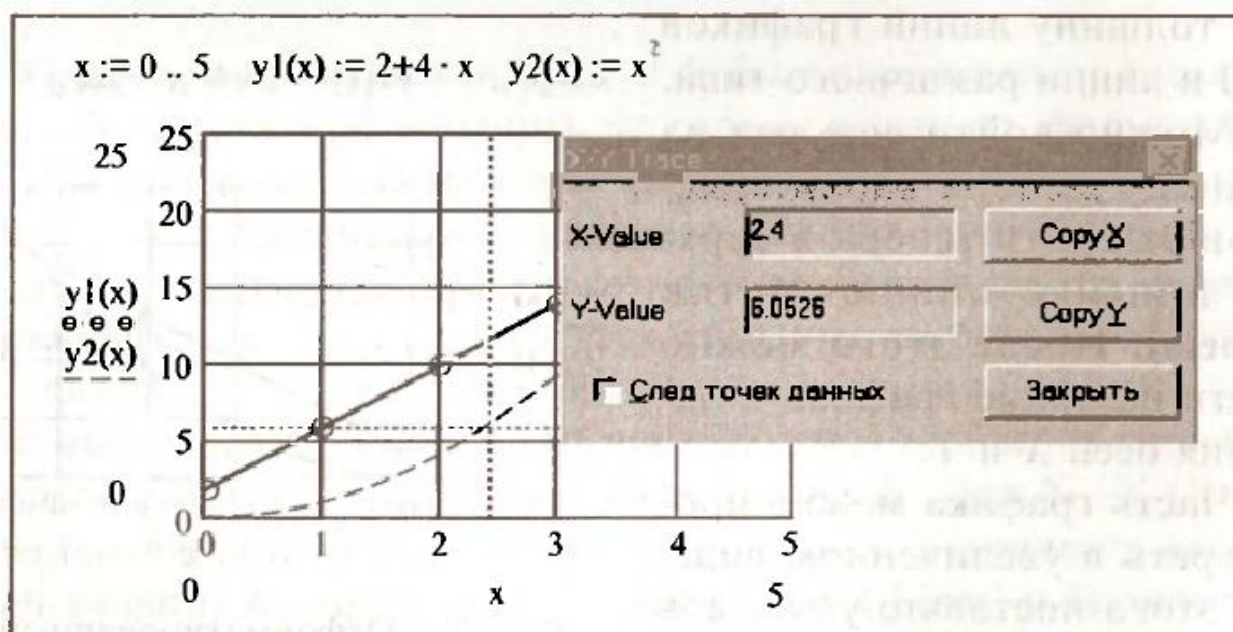


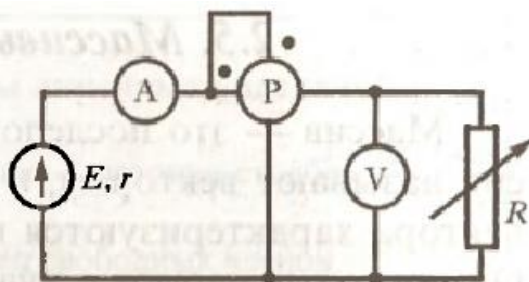
Рис. 2.8. Определение координат одной из точек на графике

На рис. 2.8 курсор установлен на точке графика y_2 с координатами: $x=2,4$ и $y=6,0526$.

Переместите курсор в любую другую точку графика y_1 или y_2 и снова нажмите левую клавишу мыши. Выведутся ординаты новой точки. Можно перемещать курсор и с нажатой клавишей мыши. Понаблюдайте, как в этом случае меняются координаты. Для выхода из окна нажмите кнопку Заккрыть (Close).

В качестве примера исследуйте самостоятельно схему, показанную на рис. 2.9 при изменении сопротивления R в пределах от 0 до 10 Ом через 0,5 Ом

Рис. 2.9. Цепь постоянного тока с регулируемым сопротивлением нагрузочного резистора



ЭДС источника питания $E = 6$ В, внутреннее сопротивление источника питания $r = 1,5$ Ом. Сначала введите диапазон изменения аргумента R , а затем функции этого аргумента: ток $I(R)$, напряжение $U(R)$ и мощность $P(R)$. Покажите эти зависимости на графике.

Результат должен быть таким, как это показано на рис. 2.10.

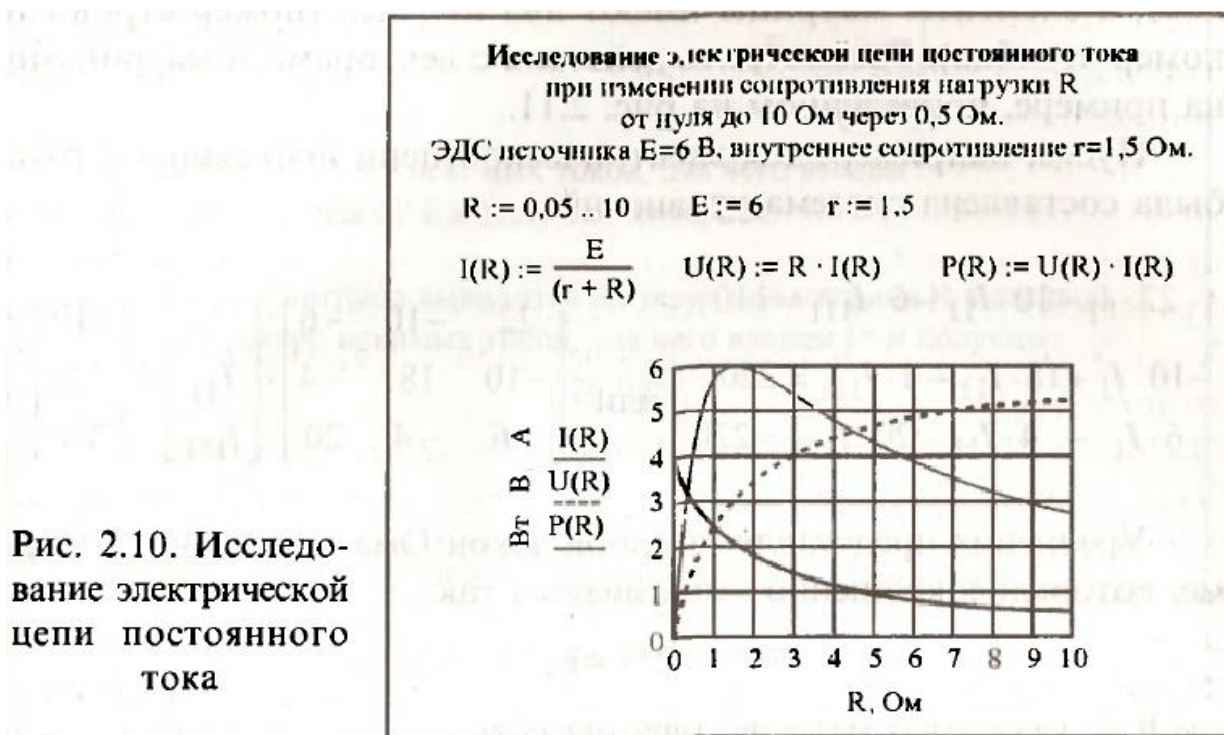


Рис. 2.10. Исследование электрической цепи постоянного тока

Контрольные вопросы

1. Какие способы форматирования графиков вы знаете?
2. Как выделить узловые точки графика?
3. Как изменить диапазон графика?
4. Как задать несколько аргументов функции на графике?
5. Как построить несколько графиков функций на одном рисунке?
6. Как построить график поверхности?

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме:

1. Берлинер, Э. М. САПР в машиностроении : учебник для вузов / Э. М. Берлинер, О. В. Таратынов. – Москва : Форум, 2014. – 448 с.
2. Афанасьева, Н. Ю. Вычислительные и экспериментальные методы научного эксперимента : [учеб. пособие*]. – М. : КНОРУС, 2013. – 330 с.
3. Хлебников, А. А. Информационные технологии : учебник / А. А. Хлебников. – М. : КноРус, 2014. – 472 с.
4. МАТНСАД 14: Основные сервисы и технологии Пожарская Г. И., Назаров Д. М. Издатель: Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016

Лабораторная работа5. Массивы, матрицы, векторы

Цель работы:

Изучить команды создания и модификации матриц и векторов, выполнения операций над несколькими массивами, загрузки данных в массивы из внешнего файла.

Теоретическая часть.

Массив представляет собой таблицу, заполненную числовыми значениями. Элемент массива не обязан быть скаляром. Возможно сделать массивом сам элемент массива — это позволяет создавать массивы из массивов.

Эти массивы ведут себя во многом схоже с массивами, чьи элементы — скаляры. Однако имеются некоторые различия:

- Нельзя использовать команду меню **Матрицы**, чтобы вставить массив в поле, которое уже находится внутри массива.
- Нельзя отобразить весь составной массив. Вы будете взамен видеть строку подобную {3,2}, которая указывает, что 3 x 2 массив находится в определённой ячейке массива.
- Большинство математических операторов и функций не имеет смысла по отношению к составным массивам.

Следующие разделы проясняют эти различия.

Определение составного массива

Вы определяете составной массив способом, подобным определению любого массива. Единственное различие состоит в том, что нельзя использовать команду **Матрицы** из меню **Математика**, когда уже выбрано поле внутри существующего массива. Можно, однако, щёлкнуть на поле в массиве и впечатать туда имя другого массива, как показано на Рисунке 22.

Рисунок 22 показывает три способа определить матрицу, состоящую из матриц: использование дискретного аргумента, определение каждого элемента в отдельности, и командой **Матрицы** из меню **Математика**.

В дополнение к методам, показанным на Рисунке 22, можно также использовать функцию *READPRN* в массиве пустых полей, созданных командой **Матрицы**. Имейте в виду, что нельзя использовать *READPRN* с одним файлом больше чем один раз в данной матрице. Функция *READPRN* подробно описана в главе [“Файлы данных”](#).

Mathcad - (Untitled 1)

Файл Правка Текст Математика Графика Символика Окно Книги ?

Три способа определения составных массивов

Используя дискретный аргумент	Через команду "Матрицы"	Поэлементно
$m := 0..3$ $n := 0..3$ $M_{m,n} := \text{identity}(m+1)$	$u := \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$ $v := (2 \ 4)$ $V := \begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix}$	$B_0 := 1$ $B_1 := \text{identity}(2)$ $B_2 := \begin{pmatrix} B_0 & 2 \ v \end{pmatrix}$
Отображение элементов		
$M_{0,0} = 1$ $M_{1,1} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$ $M_{2,2} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$	$V_0 = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$ $V_1 = (2 \ 4)$	$B_0 = 1$ $B_1 = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$

автоматически | Стр 1

Рисунок 22: Определение составных массивов.

Отображение составных массивов

Когда Вы отображаете составной массив, используя знак =, Вы не увидите каждый элемент в каждом вложенном массиве — это было бы очень громоздко. Вместо этого всякий раз, когда элемент массива — сам массив, Mathcad указывает число строк и столбцов вложенного массива взамен его отображения непосредственно. Рисунок 23 показывает, как массивы, созданные на Рисунке 22, выглядят при отображении. Каждый элемент массива отображается либо как:

- число, когда элемент массива — просто число
- упорядоченная пара m, n , где m и n — число строк и столбцов в массиве, расположенном в данном элементе.

Заметьте, что массив **B** содержит элемент, который является сам составным массивом. Для его просмотра следует произвести повторную индексацию, как показано в нижнем правом углу Рисунка 22.

$$\begin{array}{l}
 m := 0..3 \\
 n := 0..3 \\
 M_{m,n} := \text{identity}(m+1)
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{l}
 u := \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix} \\
 v := (2 \ 4) \\
 V := \begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{l}
 B_0 := 1 \\
 B_1 := \text{identity}(2) \\
 B_2 := (B_0 \ 2 \ v)
 \end{array}$$

+

Отображение вложенных матриц

$$\begin{array}{l}
 M = \begin{pmatrix} \{1,1\} & \{1,1\} & \{1,1\} & \{1,1\} \\ \{2,2\} & \{2,2\} & \{2,2\} & \{2,2\} \\ \{3,3\} & \{3,3\} & \{3,3\} & \{3,3\} \\ \{4,4\} & \{4,4\} & \{4,4\} & \{4,4\} \end{pmatrix} \\
 V = \begin{pmatrix} \{2,1\} \\ \{1,2\} \end{pmatrix} \\
 V^T = (\{2,1\} \ \{1,2\}) \\
 \text{augment}(V, V) = \begin{pmatrix} \{2,1\} & \{2,1\} \\ \{1,2\} & \{1,2\} \end{pmatrix}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{l}
 B = \begin{pmatrix} 1 \\ \{2,2\} \\ \{1,3\} \end{pmatrix} \\
 B_2 = (1 \ 2 \ \{1,2\}) \\
 (B_2)_{0,2} = (2 \ 4)
 \end{array}$$

Рисунок 23: Отображение составных массивов.

Операторы и функции для составных массивов

Большинство операторов и функций не работает с составными массивами, поскольку трудно определить их действие в таком сложном случае. Например, совершенно непонятно, что понимать под обращением составной матрицы. При попытке выполнить обычные арифметические операции над составными массивами скорее всего появится либо сообщение об ошибке типа переполнение, либо бессмысленный результат. Составные массивы предназначены главным образом для удобного хранения и доступа к данным.

Некоторые операторы и функции всё же применимы и полезны для использования с составными массивами. Например, транспонирование выполняет осмысленное действие, как показано в нижней части Рисунка 23. На следующей странице приведён список операторов, применяемых к составным массивам:

Операция	Обозначение	Клавиши	Описание
Транспонирование	A^T	[Ctrl]1	Переводит столбцы A в строки.
Верхний индекс	$A^{<n>}$	[Ctrl]6	n -ный столбец массива A . Возвращает

			вектор.
Нижний индекс	v_n	[	n -ый элемент вектора.
Двойной индекс	$A_{m,n}$	[	элемент матрицы из m -ого ряда и n -ого столбца.
Булево равенство	$w = z$	[Ctrl]=	Булево равенство. Возвращает 1, если два составных массива, вкуче со всеми вложенными массивами, содержащимися внутри них, идентичны; иначе возвращает 0.

Вероятно, весьма полезными для использования с составными массивами окажутся функции, связанные с определением размеров массивов, а также объединением массивов и выделением подмассивов. В частности, можно использовать функции *cols* и *rows*, чтобы обнаружить элементы массива, которые являются вложенными массивами. Обе эти функции возвращают нуль, когда элемент — скаляр, и соответствующее число в противном случае. Функции, которые будут полезными при работе с составными массивами:

Имя функции	Возвращается...
<i>rows(A)</i>	Число строк в матрице A .
<i>cols(A)</i>	Число столбцов в матрице A .
<i>length(v)</i>	Число элементов в векторе v .
<i>last(v)</i>	Индекс последнего элемента в векторе v .
<i>augment(A, B)</i>	Массив, сформированный размещением A и B бок о бок. Массивы A и B должны иметь одинаковое число строк.
<i>stack(A, B)</i>	Массив, сформированный размещением A над B . Массивы A и B должны иметь одинаковое число столбцов.
<i>submatrix(A, ir, jr, ic, jc)</i>	Подмассив, состоящий из всех элементов, содержащихся в строках с <i>ir</i> по <i>jr</i> и столбцах с <i>ic</i> по <i>jc</i> . Чтобы поддерживать порядок строк и-или столбцов, удостоверьтесь, что $ir \leq jr$ и $ic \leq jc$, иначе порядок строк и-или столбцов будет обращён.

Оборудование и материалы.

Персональный компьютер, программа MathCAD.

Указания по технике безопасности:

Соответствуют технике безопасности по работе с компьютерной техникой.

Задания

Массив — Это последовательность чисел. Одномерный массив называют вектором, а двухмерный — матрицей. Элементы вектора характеризуются порядковым номером или

индексом. Обычно их нумеруют с нуля. Элементы вектора имеют один индекс, а элементы матрицы имеют два индекса (номер строки и номер столбца). Рассмотрите действия с векторами и матрицами на примере, приведенном на рис. 2.11.

Пусть, например, для электрической цепи постоянного тока была составлена система уравнений:

$$\begin{aligned} 22 \cdot I_1 - 10 \cdot I_{11} - 6 \cdot I_{111} &= 110 \\ -10 \cdot I_1 + 18 \cdot I_{11} - 4 \cdot I_{111} &= 220 \\ -6 \cdot I_1 - 4 \cdot I_{11} + 20 \cdot I_{111} &= 220 \end{aligned} \quad \text{или} \quad \begin{bmatrix} 22 & -10 & -6 \\ -10 & 18 & -4 \\ -6 & -4 & 20 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_1 \\ I_{11} \\ I_{111} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 110 \\ 220 \\ 220 \end{bmatrix}.$$

Уравнения представляют собой закон Ома в матричной форме, который сокращенно записывается так:

$$\mathbf{R} \cdot \mathbf{I} = \mathbf{E},$$

где $\mathbf{R}$ — квадратная матрица сопротивлений;

$\mathbf{I}$ — матрица-столбец (вектор) неизвестных токов;

$\mathbf{E}$ — матрица-столбец свободных членов; матрица-столбец в данном случае является вектором.

Решение системы записывается: $\mathbf{I} = \mathbf{R}^{-1} \mathbf{E}$, где $\mathbf{R}^{-1}$ — обращенная матрица сопротивлений (вводится с клавиатуры как RA-1). Рассмотрим, как можно задать вектор или матрицу. Для задания вектора или матрицы следует установить курсор на место, где планируется задать вектор или матрицу и нажать клавиши [Ctrl]+[M]. Например, чтобы задать матрицу сопротивлений $\mathbf{R}$, имеющую три строки и три столбца, следует ввести R:[Ctrl]+[M]. В информационном окне Вставить матрицу (Insert Matrix) появятся два окошка Строки (Rows) и Столбцы (Columns) с запросом о количестве строк и столбцов. В ответ на запрос введите в окне Строки 3 и в окне Столбцы 3. После этого нажмите кнопку ОК. На экране появится шаблон матрицы 3 на 3.

Векторные и матричные операции (Vektor and Matrix Toolbar) (кнопка с изображением матрицы). В выпадающем окне Матрицы (Matrix) надо выбрать кнопку Создать матрицу или вектор (Matrix or Vektor Ctrl+M) (верхняя левая кнопка). Попробуйте самостоятельно описанные способы задания матрицы и выберите для себя наиболее подходящий способ. Перемещая курсор по шаблону, введите в прямоугольнички численные значения элементов матрицы R, показанные на рис. 2.11.

Перемещать курсор удобно с помощью клавиши [Tab]. Для задания вектора E (столбца свободных членов) следует ввести E:[Ctrl]+[M] и на запрос о размерах массива введите цифру 3 для количества строк и цифру 1 для количества столбцов. Численные значения элементов вектора вводятся так же, как и значения элементов матрицы. Найдите вектор искомых токов так, как это указано на рис. 2.11. Текст на этом рисунке является комментарием. Он лишь поясняет ход вычислений. Элементами матрицы и вектора могут быть и комплексные числа. Матричные операции с комплексными числами рассмотрите на примере рис. 2.12.

Обратим внимание, что 4 столбца в матрице Z (или 2 столбца в матрице U) являются в действительности двумя комплексными столбцами (или одним комплексным столбцом в векторе U). Для определения модулей и аргументов комплексных чисел с помощью переменной цикла k:=0..1 следует ввести $|I_k| =$ и $\arg(I_k) =$.

Напомним, что индексы у индексированных переменных начинаются с нуля. Поэтому искомые токи будут обозначаться как I_0 и I_j . На рис. 2,12 показано применение оператора векторизации вектора или матрицы [Ctrl]+[-]. Этот оператор говорит о том, что операция производится с каждым элементом вектора или матрицы. Действительно, нельзя взять модуль или аргумент (фазовый угол) от вектора комплексных чисел, но можно взять его от каждого элемента вектора в отдельности. (Элемент — последовательные значения чисел, входящих в вектор.)

Элементами матрицы могут быть комплексные числа. Например, введите матрицу комплексных сопротивлений Z размером 2 на 2 и матрицу-столбец комплексных свободных членов U размером 2 на 1:

$$Z := \begin{pmatrix} 15 + 8j & 2 + 2j \\ 2 + 2j & 26 - 4j \end{pmatrix} \quad U := \begin{pmatrix} 190 + 32j \\ 300j \end{pmatrix}$$

Вектор искомых комплексных токов: $I := Z^{-1} \cdot U$

$$I = \begin{pmatrix} 11.726 - 5.141i \\ -2.925 + 10.582i \end{pmatrix} \quad \begin{aligned} I_0 &= 11.726 - 5.141i \\ I_1 &= -2.925 + 10.582i \end{aligned}$$

Модули и аргументы комплексных чисел можно определить:

$$\begin{aligned} |I_0| &= 12.803 & \arg(I_0) &= -0.413 \\ |I_1| &= 10.979 & \arg(I_1) &= 1.841 \end{aligned}$$

или с помощью оператора векторизации

(вводится нажатием клавиш `[] [I] [Space][Ctrl]+[-] [] [I]`)

$$\vec{|I|} = \begin{pmatrix} 12.803 \\ 10.979 \end{pmatrix}$$

аргумент в радианах

$$\vec{\arg(I)} = \begin{pmatrix} -0.413 \\ 1.841 \end{pmatrix}$$

аргумент в градусах

$$\frac{\vec{\arg(I)}}{\deg} = \begin{pmatrix} -0.413 \\ 1.841 \end{pmatrix}$$

Определение модулей и аргумента с помощью переменной цикла:

$$k := 0..1$$

$$|I_k| = \begin{pmatrix} 12.803 \\ 10.979 \end{pmatrix}$$

$$\arg(I_k) = \begin{pmatrix} -0.413 \\ 1.841 \end{pmatrix}$$

Рис. 2.12. Решение системы линейных уравнений с комплексными коэффициентами

На рис. 2.13 показано задание матрицы без вывода ее шаблона с использованием «цикла в цикле». Во внешнем цикле переменная i изменяется от 0 до 5, а во внутреннем цикле переменная k изменяется от 0 до 8. Элементы матрицы $Z = i * k$ (задается как $Z[(i,k):i*k]$). Для вывода матрицы нужно ввести $Z =$.



Рис. 2.13. Задание матрицы

Контрольные вопросы

1. Что такое массив??
2. Что такое вектор?
3. Как транспонировать матрицу?
4. Как вычислить определитель матрицы?
5. Как создать матрицу с комплексными коэффициентами?
6. Как загрузить данные в массив из внешнего источника?

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме:

1. Берлинер, Э. М. САПР в машиностроении : учебник для вузов / Э. М. Берлинер, О. В. Таратынов. – Москва : Форум, 2014. – 448 с.
2. Афанасьева, Н. Ю. Вычислительные и экспериментальные методы научного эксперимента : [учеб. пособие*]. – М. : КНОРУС, 2013. – 330 с.
3. Хлебников, А. А. Информационные технологии : учебник / А. А. Хлебников. – М. : КноРус, 2014. – 472 с.
4. МАТНСАД 14: Основные сервисы и технологии Пожарская Г. И., Назаров Д. М. Издатель: Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016

Лабораторная работа 6. Преобразование массивов

Цель работы:

Изучить команды редактирования векторов и матриц в среде MathCAD.

Теоретическая часть.

Матричное исчисление играет важную роль в компьютерной математике. Практически все численные методы на том или ином этапе работы своего алгоритма сводятся к решению систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ), которое часто производится матричными методами. Вообще говоря, нельзя назвать ни одной области использования компьютера, в алгоритмах которой (в большей или меньшей степени) не использовались бы матрицы [7].

Понятие «вектор» обычно не отделяют от понятия «матриц». Векторы могут рассматриваться как матрицы, состоящие из одного столбца (или строки).

Матричные вычисления в MathCAD можно условно разделить на три основных типа.

К первому относятся такие элементарные действия над матрицами, как создание, извлечение из них данных, их умножение, сложение или скалярное произведение (в случае векторов). Для их реализации служат специальные операторы трех панелей семейства Math (Математические): Calculator (Калькулятор), Matrix (Матричные) и Symbolics (Символьные).

Ко второму типу можно отнести те матричные преобразования, которые требуют использования специальных функций и встроенных алгоритмов матричной алгебры, таких как, например, функции вычисления определителя, матричных норм или сортировки элементов векторов по возрастанию. Функции этой группы можно найти в категории Vector and Matrix (Векторные и матричные) у мастера функций.

И, наконец, к третьему типу матричных вычислений следует отнести те задачи, решить которые можно только используя возможности системы программирования MathCAD.

В языках программирования начальные индексы массивов обычно равняются 0. По умолчанию в MathCAD индексы строк и столбцов также отсчитываются с 0. В том случае, если такая система вам неудобна или непривычна, можно изменить точку отсчета индексов на 1, задав системную переменную ORIGIN: ORIGIN: = 1.

Доступ к элементам вектора или матрицы осуществляется с помощью индексированных переменных. Например, чтобы использовать пятый элемент вектора с именем A, нужно записать этот элемент в виде: A_5 . А для того, чтобы взять элемент матрицы B, расположенный на пересечении 3-й строки и 4-го столбца нужно записать: B_{34} .

Для задания индексов на панели Matrix предусмотрена специальная кнопка Subscript (Индекс). Перейти к записи индекса можно также с помощью клавиши «[» (левая квадратная скобка). Нажав ее, вы увидите, что на месте будущего индекса, чуть ниже текста имени матрицы, появится черный маркер. В него через запятую следует ввести значения индексов. На первом месте при этом должен стоять номер строки, а на втором – столбца.

Оборудование и материалы.

Персональный компьютер, программа MathCAD.

Указания по технике безопасности:

Соответствуют технике безопасности по работе с компьютерной техникой.

Задания

Создание векторов и матриц

В системе предусмотрены различные возможности задания векторов и матриц:

- Определение матрицы последовательным заданием каждого элемента.
- С помощью индексированных переменных.
- С помощью использования команды Insert^Matrix, либо с помощью соответствующей кнопки панели Matrix.
- Задание с помощью элементов программирования.
- Применение встроенных функций.
- Через связь с другим приложением, например Excel.
- Создание таблицы данных.
- Чтение из внешнего файла.

Рассмотрим некоторые из них. Определение матрицы последовательным заданием каждого элемента очевидно и не требует пояснений. При создании матрицы или вектора с помощью индексированной переменной следует исходить из того, что любая индексированная переменная, индексами которой являются переменные, принимающие целочисленные значения из некоторого промежутка, уже представляют собой вектор или матрицу.

Пример 3. Требуется сформировать вектор x , состоящий из 6 элементов. Элементам этого вектора присвоить значения индексов.

Решение. Предоставим два варианта решения этой задачи:

- 1) с помощью индексированной переменной;
- 2) с помощью команды Inserts-Matrix.

Вариант а

Для того чтобы сформировать вектор, воспользуемся вспомогательной переменной, которая будет играть роль индекса (например, i), а затем будем использовать эту переменную для задания элементных значений векторах. Формирование вектора представлено на рис. 8.

Вариант b

Формирование вектора x будем производить с помощью команды Matrix. Для этого сначала напомним оператор присваивания: « $x=$ », а затем выполним команду Matrix. Эта команда открывает диалоговое окно «Insert Matrix», которое представлено на рис. 9, в котором необходимо указать число строк и число столбцов. В нашем примере число строк равно 6, а число столбцов равно 1.

Задание индексированного промежутка

$$i := 0..5$$

Получение вектора с использованием индексов

$$x_i := i$$

Отображение векторных значений

$$x = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \end{pmatrix} \quad +$$

Рис. 8. Формирование вектора
с использованием индексированной переменной

После нажатия кнопки «Ok» команда предоставит шаблон с шестью ячейками, в которые следует вписать значения элементов вектора.

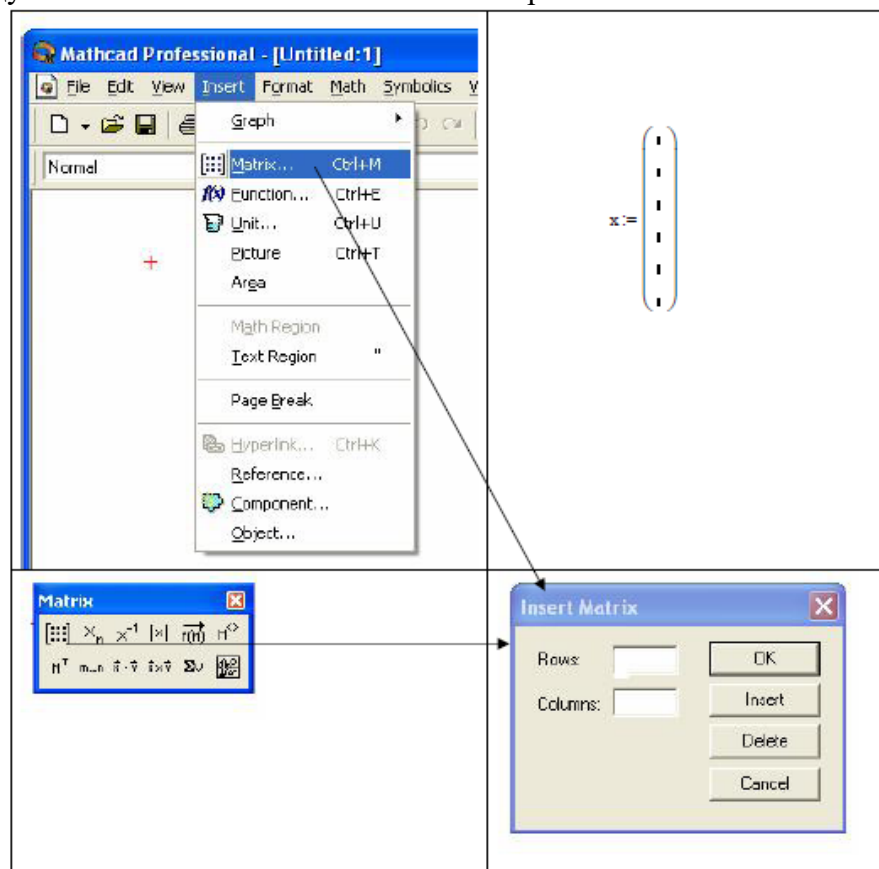


Рис. 9. Вызов диалогового окна «Insert Matrix»
для создания матрицы с помощью команды «Matrix»

Пример 4. В файле с именем «int(4_4).txt» записаны числа в виде матрицы четыре строки по четыре элемента, разделенными пробелами. В файле с именем «int(4_1).txt» записаны числа в столбик. Требуется прочитать эти данные в матрицу Q и вектор P.

Решение. Для чтения данных из файла в матрицу/вектор можно воспользоваться функцией READPRN, которая имеет один параметр – имя файла. Фрагмент с решением представлен на рис. 10.

$$Q := \text{READPRN}(\text{"int(4_4).txt"}) \qquad P := \text{READPRN}(\text{"int(4_1).txt"})$$

$$Q = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 2 & 3 & 4 & 5 \\ 3 & 4 & 5 & 6 \\ 4 & 5 & 6 & 7 \end{pmatrix} \qquad P = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{pmatrix}$$

Рис. 10. Чтение данных из файлов

С матрицами могут производиться как численные, так и символьные вычисления. Операции с матрицами в системе MathCAD обозначаются так, как это принято в математике: $-$, $+$, $*$, $\dots$.

На рис. 11 показано назначение некоторых специализированных команд, расположенных на панели инструментов Matrix.

Помимо этого, система MathCAD представляет большое количество функций для работы с векторами и матрицами. Воспользоваться этими функциями можно с помощью мастера функций $f(x)$.

	X^{-1} – получить обратную матрицу $ X $ – вычислить детерминант M^T – транспонировать $M^{< >}$ – из матрицы взять вектор-столбец $\sum v$ – получить сумму элементов $\vec{x} \cdot \vec{y}$ – скалярное произведение векторов $\vec{x} \times \vec{y}$ – векторное произведение векторов
---	---

Рис. 11. Назначение некоторых команд, расположенных на панели инструментов «Matrix»

На рис. 12 представлены вычисления с использованием операций над матрицами.

Даны матрицы:

$$A := \begin{pmatrix} 1 & 3 & 5 \\ 2 & 4 & 0 \end{pmatrix} \quad B := \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -3 & 2 \\ 4 & -1 \end{pmatrix} \quad C := \begin{pmatrix} 2 & 3 \\ 0 & -4 \end{pmatrix}$$

Действия с матрицами:

$$A \cdot B \cdot C = \begin{pmatrix} 24 & 32 \\ -20 & -62 \end{pmatrix}$$

+

$$X := 3 \cdot B + A^T$$

$$X = \begin{pmatrix} 4 & 2 \\ -6 & 10 \\ 17 & -3 \end{pmatrix}$$

Возведение в степень:

$$D := C^{-1} \quad D = \begin{pmatrix} 0.5 & 0.375 \\ 0 & -0.25 \end{pmatrix}$$

$$C \cdot D = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$R := C^5 \quad R = \begin{pmatrix} 32 & 528 \\ 0 & -1024 \end{pmatrix}$$

Рис. 12. Примеры матричных вычислений в MathCAD

Пример 5. Требуется сформировать диагональную квадратную матрицу $s(6 \times 6)$. Значения элементов главной диагонали должны совпадать с номером строки/столбца.

Решение. Для получения диагональной матрицы в системе предусмотрена функция `diag`, которая имеет один параметр – вектор диагональных элементов. Поэтому формирование матрицы начнем с создания вспомогательного вектора, в который занесем элементы для диагонали. Для формирования этого вспомогательного вектора (например, s), воспользуемся вспомогательной переменной, которая будет играть роль индекса (например, i). Тогда формирование диагональной матрицы может быть получено в результате операций, как это показано на рис. 13.

$$i := 0..5$$

$$s_i := i$$

$$s := \text{diag}(s)$$

$$s = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \end{pmatrix}$$

$$s = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 5 \end{pmatrix}$$

Рис. 13. Формирование диагональной матрицы

Пример 6. Даны две матрицы: $A(4 \times 3)$ и $B(4 \times 2)$. Требуется объединить эти матрицы в

одну матрицу $C(4 \times 5)$, причем, первыми столбцами новой матрицы должны быть столбцы матрицы A , а справа от этих элементов следовать столбцы матрицы B (методом «дописывания справа»).

Решение. Для соединения двух матриц в одну матрицу можно использовать функцию `augment`, параметрами которой будут являться имена соединяемых матриц, как это показано на рис. 14.

$$A := \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 2 & 2 & 2 \\ 3 & 3 & 3 \\ 4 & 4 & 4 \end{pmatrix} \quad B = \begin{pmatrix} 5 & 6 \\ 5 & 6 \\ 5 & 6 \\ 5 & 6 \end{pmatrix}$$

$$C = \text{augment}(A, B) \quad C = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 5 & 6 \\ 2 & 2 & 2 & 5 & 6 \\ 3 & 3 & 3 & 5 & 6 \\ 4 & 4 & 4 & 5 & 6 \end{pmatrix}$$

Рис. 14. Объединения двух матриц по правилу «дописывания справа»

Пример 7. Даны две матрицы: $A(2 \times 3)$ и $B(3 \times 3)$. Требуется объединить эти матрицы в одну матрицу $C(5 \times 3)$, причем, в новой матрицы в качестве первых строк должны быть строки матрицы A , а за ними должны следовать строки матрицы B .

Решение. Для соединения двух матриц в одну матрицу по правилу «друг под другом» можно использовать функцию `stack`, параметрами которой будут являться имена соединяемых матриц, как это показано на рис. 15.

$$A := \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad B := \begin{pmatrix} 1 & 2 & 4 \\ 2 & 3 & 4 \\ 5 & 5 & 5 \end{pmatrix}$$

$$C := \text{stack}(A, B) \quad C = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 4 \\ 2 & 3 & 4 \\ 5 & 5 & 5 \end{pmatrix}$$

Рис. 15. Объединения двух матриц по правилу «друг под другом»

Пример 8. Дана матрица $A(6 \times 6)$. Требуется получить из этой матрицы подматрицу, в которую включить элементы, расположенные в строках, начиная с номера 2-го по номер 4-й, и столбцах, начиная с номера 0-го по номер 5-й.

Решение. Для выделения подматрицы с номерами столбцов и строк представленными граничными значениями предусмотрена функция `submatrix`. Эта

функция имеет 5 параметров: имя матрицы, из которой производится выбор; начальный номер строки выбора; конечный номер строки выбора; начальный номер столбца выбора; конечный номер столбца выбора. Возможное решение представлено на рис. 16.

$$A := \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 \\ 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 \\ 9 & 10 & 11 & 12 & 13 & 14 \\ 15 & 16 & 17 & 18 & 19 & 20 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$B := \text{submatrix}(A, 2, 4, 0, 5)$$

$$B = \begin{pmatrix} 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 \\ 9 & 10 & 11 & 12 & 13 & 14 \\ 15 & 16 & 17 & 18 & 19 & 20 \end{pmatrix}$$

Рис. 16. Выделение подматрицы из заданной матрицы

Пример 9. Дана матрица $A(6 \times 6)$. Требуется получить из этой матрицы два вектора. Первый вектор должен совпадать с 4-ым столбцом матрицы A , а второй – с 3-й строкой матрицы A .

Решение. Для получения векторных значений можно воспользоваться командой $M^{<}$ (из матрицы взять вектор-столбец), которая расположена на панели «Matrix». Для получения первого вектора эту команду нужно применить непосредственно к матрице A , а для получения второго вектора нужно сначала получить из матрицы A транспонированную матрицу, а только потом воспользоваться командой «взять столбец». Возможное решение представлено на рис. 17.

$$A := \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 \\ 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 \\ 9 & 10 & 11 & 12 & 13 & 14 \\ 15 & 16 & 17 & 18 & 19 & 20 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$B := A^{(4)} \quad C = (A^T)^{(3)}$$

$$B = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 7 \\ 13 \\ 19 \\ 0 \end{pmatrix} \quad C = \begin{pmatrix} 9 \\ 10 \\ 11 \\ 12 \\ 13 \\ 14 \end{pmatrix}$$

Рис. 17. Выделение векторных значений из заданной матрицы

Пример 10. Из матрицы $A(6 \times 6)$ выделить минор, который образуется в результате вычеркивания из этой матрицы нулевой строки и третьего столбца.

Решение. Решение задачи можно свести к соединению двух подматриц, выделенных из матрицы A , как это показано на рис. 18.

$$A := \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 \\ 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 \\ 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 \\ 0 & 2 & 3 & 0 & 1 & 4 \\ 5 & 5 & 5 & 5 & 7 & 9 \end{pmatrix}$$

$$B := \text{augment}(\text{submatrix}(A, 1, 5, 0, 2), \text{submatrix}(A, 1, 5, 4, 5))$$

$$B = \begin{pmatrix} 2 & 3 & 4 & 6 & 7 \\ 3 & 4 & 5 & 7 & 8 \\ 4 & 5 & 6 & 8 & 9 \\ 0 & 2 & 3 & 1 & 4 \\ 5 & 5 & 5 & 7 & 9 \end{pmatrix} +$$

Рис. 18. Выделение минора из заданной матрицы

Использование матриц специального вида для выполнения матричных операций в системе MathCAD

Известно, что в результате умножения матрицы на вектор получается вектор. Причем, каждый i -й элемент этого вектора-результата представляет собой сумму попарных произведений соответствующих элементов i -ой строки матрицы на элементы вектора-сомножителя. Очевидно, если в векторе, на который умножается матрица, все элементы равны нулю, а один элемент равен единице, то результатом такого произведения будет число, соответствующее тому элементу i -й строки матрицы, где векторным сомножителем будет единица. Такой вывод можно использовать для выделения (формирования) из матрицы нужного столбца.

Пример 11. Дана матрица: $A(4 \times 4)$. Требуется получить из этой матрицы два вектора. Первый вектор должен совпадать с 0-ым столбцом матрицы A , а второй – с 3-м столбцом матрицы A .

Решение. Для получения новых векторов сформируем два вспомогательных вектора: вектор $B1$ – с единичным значением в строке с номером 0, а второй вектор $B4$ – с единичным значением в строке с номером 3. Тогда для получения векторов в соответствии с условием задачи достаточно умножить матрицу A справа на векторы $B1$ и $B2$, как это показано на рис. 19.

$$A := \begin{pmatrix} 1 & 5 & 7 & 8 \\ 4 & 11 & 1 & 0 \\ 3 & 34 & 0 & 2 \\ 9 & 7 & 4 & 44 \end{pmatrix} \quad B1 := \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad B4 := \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} \quad A \cdot B1 = \begin{pmatrix} 1 \\ 4 \\ 3 \\ 9 \end{pmatrix} \quad A \cdot B4 = \begin{pmatrix} 8 \\ 0 \\ 2 \\ 44 \end{pmatrix}$$

Рис. 19. Выделение векторных значений из заданной матрицы

Аналогичным образом можно получить вектор-строку из матрицы. Для этого достаточно сформировать вспомогательный вектор-строку, у которой все компоненты равны нулю, а одна компонента, номер которой соответствует номеру выделяемой строки из матрицы, равна единице. Если этот вектор умножить слева на матрицу, то в результате будет получена нужная строка.

Пример 12. Дана матрица: $A(4 \times 4)$. Требуется выделить из матрицы первую строку по порядку (с номером 0).

Решение. Сначала требуется подготовить вспомогательный вектор-строку, а потом умножить эту строку слева на матрицу A . Вектор-строку можно получить из предыдущего примера транспонированием вектора-столбца $B1$.

Такой прием можно использовать для перестановки строк и столбцов матрицы, только для этого потребуется уже вспомогательная матрица, состоящая из векторов-столбцов (векторов-строк), место единичных элементы которых соответствуют тому порядку, который нужно иметь в результате преобразования матрицы.

Пример 13. Дана матрица: $A(4 \times 4)$. Требуется переставить в матрице строки с номерами 0 и 1.

Решение. Для преобразования исходной матрицы требуется подготовить вспомогательную матрицу. Во вспомогательной матрице местоположение единиц в строках должно соответствовать нужному порядку для расположения строк в новой матрице. После этого решение можно получить простым перемножением матриц:

$$\begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot A = \begin{pmatrix} 4 & 11 & 1 & 0 \\ 1 & 5 & 7 & 8 \\ 3 & 34 & 0 & 2 \\ 9 & 7 & 4 & 44 \end{pmatrix}$$

Пример 14. Дана матрица: $A(4 \times 4)$. Требуется переставить в матрице столбцы с номерами 0 и 1.

Решение. Для преобразования исходной матрицы требуется подготовить вспомогательную матрицу. Во вспомогательной матрице местоположение единиц в столбцах соответствуют нужному порядку для выбора их в новую матрицу. После этого решение можно получить простым перемножением матриц:

$$A \cdot \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 5 & 1 & 7 & 8 \\ 11 & 4 & 1 & 0 \\ 34 & 3 & 0 & 2 \\ 7 & 9 & 4 & 44 \end{pmatrix}$$

Рассуждая таким образом, можно с помощью вспомогательного вектора с единичными компонентами получить вектор, компоненты которого будут равны сумме строк (столбцов) матрицы, а также суммы отдельно выделенного столбика (строчки).

Пример 15. Дана матрица: $A(4 \times 4)$. Требуется найти сумму элементов в столбце с номером 3.

Решение. Для решения задачи требуется подготовить вспомогательный вектор-строку из единичных элементов и выполнить умножение:

$$E := (1 \ 1 \ 1 \ 1)$$

$$E \cdot A \cdot B4 = (34)$$

Пример 16. Дана матрица: $A(4 \times 4)$. Требуется получить вектора, элементы которого будут представлять суммы элементов в столбцах матрицы.

Решение. Для решения требуется подготовить вспомогательный вектор-строку из единичных элементов и выполнить умножение:

$$E := (1 \ 1 \ 1 \ 1)$$

$$E \cdot A = (17 \ 57 \ 12 \ 54)$$

Контрольные вопросы

1. Как поменять местами строки матрицы?
2. Как вычислить построчные суммы матрицы?
3. Как изменить свойства уже созданной строки текста?
4. Как создать новый текстовый стиль?
5. Как загрузить дополнительный шрифт?

6. Как создать вертикальную строку текста?

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме:

1. Берлинер, Э. М. САПР в машиностроении : учебник для вузов / Э. М. Берлинер, О. В. Таратынов. – Москва : Форум, 2014. – 448 с.
2. Афанасьева, Н. Ю. Вычислительные и экспериментальные методы научного эксперимента : [учеб. пособие*]. – М. : КНОРУС, 2013. – 330 с.
3. Хлебников, А. А. Информационные технологии : учебник / А. А. Хлебников. – М. : КноРус, 2014. – 472 с.
4. MATHCAD 14: Основные сервисы и технологии Пожарская Г. И., Назаров Д. М. Издатель: Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016

Лабораторная работа 7. Построение трехмерного графика зависимости тока в цепи R, L, C от R и XL

Теоретическая часть.

Наряду с двумерными графиками MATHCAD позволяет создавать и трехмерные графики. Для этого необходимо создать матрицу, содержащую значения функции двух переменных, и показать ее в виде поверхности в трехмерном пространстве.

Используем полученные ранее навыки построения и редактирования графиков для решения задач электротехники.

Оборудование и материалы.

Персональный компьютер, программа MathCAD.

Указания по технике безопасности:

Соответствуют технике безопасности по работе с компьютерной техникой.

Задания

Пусть, например, в схеме, показанной на рис. 1, изменяются два параметра: индуктивное сопротивление XL и активное сопротивление R. Величина емкости конденсатора C и емкостное сопротивление остаются постоянными. Постоянным остается и внутреннее активное сопротивление индуктивной катушки r. Полное сопротивление цепи переменному току $Z = \sqrt{(R + r)^2 + (X_C - X_L)^2}$ и ток в цепи $I = U / Z$ являются функциями этих двух параметров.

Пусть питающее напряжение U - 10 В, $X_C = 1$ Ом, внутреннее постоянное активное сопротивление индуктивной катушки $r = 0,4$ Ом.

Активное сопротивление R изменяется от нуля до 0,4 Ом с шагом 0,02 Ом. Индуктивное сопротивление XL изменяется от нуля до 2 Ом с шагом 0,1 Ом.

Зависимость тока в цепи R, L, C от R и X_L

$$n := 0..20 \quad m := 0..20 \quad R_n := 0,02 \cdot n + 0,4$$

$$X_{L_n} := 0,1 \, m \quad U := 10 \quad X_C := 1$$

$$Z_{n,m} := \sqrt{(R_n)^2 + (X_C - X_{L_n})^2} \quad I_{n,m} := \frac{U}{Z_{n,m}}$$

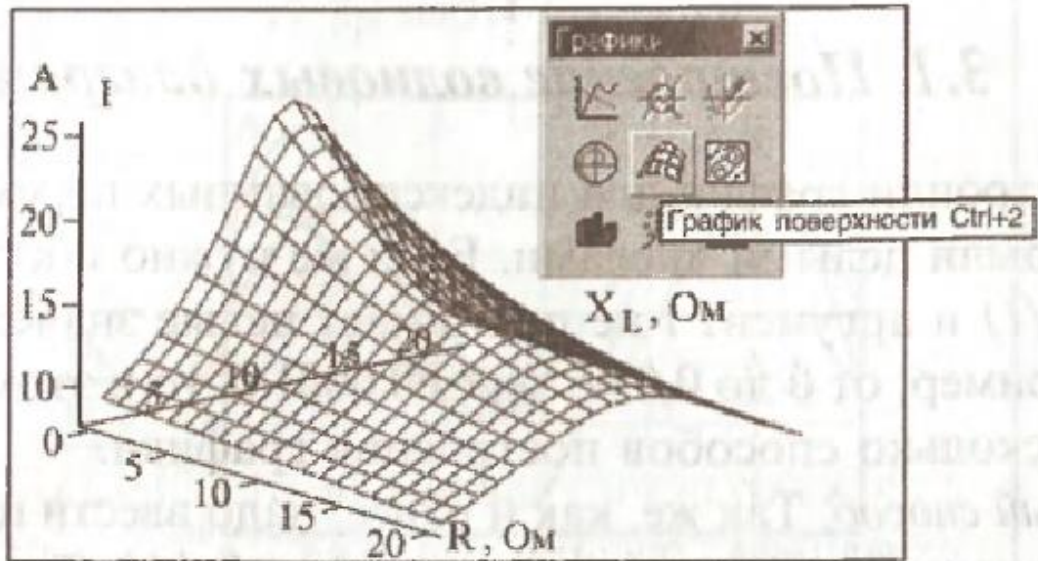


Рисунок 1. Трехмерный график с резонансными кривыми

Индексы элементов массивов R, XL, Z и I должны быть целыми числами. Поэтому определим целые дискретные аргументы и выразим переменные R и XL как индексированные переменные Rn и XL (см. рис1). Из этого рисунка видно, что дискретные аргументы n и m изменяются от нуля до 20 с шагом, равным единице.

После того как будут определены значения функций Z и I от аргументов n и m, можно строить график. Для этого надо нажать клавиши [Ctrl]+[I2] или выбрать в меню Вставка (Insert) — График (Graph) — Поверхности (Surface Plot). Можно также воспользоваться кнопкой Инструменты графиков (Graph Toolbar) и в информационном окне (см. рис1) выбрать среднюю кнопку График поверхности (Surface Plot). Введите одним из указанных способов шаблон трехмерного графика и в поле ввода (в черном прямоугольнике) напечатайте имя функции, т.е. I.

Вы увидите наглядное представление матрицы. По горизонтальным осям откладываются аргументы n и m, а по вертикальной оси — ток I. Поместите указатель мыши на график поверхности и попробуйте перемещать мышь с нажатой левой кнопкой. Вы увидите, как поворачивается график.

Подберите для него наиболее подходящий ракурс.

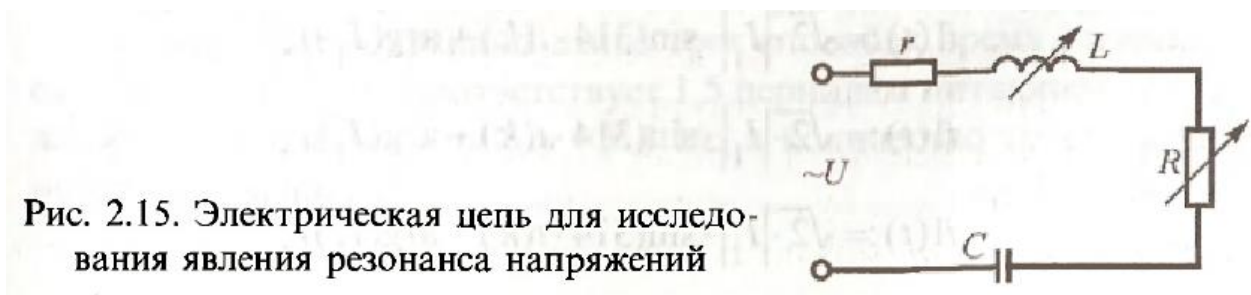


Рис. 2.15. Электрическая цепь для исследования явления резонанса напряжений

Контрольные вопросы

1. Команды редактирования векторов и матриц в среде MathCAD.
2. Для чего применяются шаблоны?
3. Как создать документ на основе шаблона?
4. Как создать новый шаблон?
5. Трехмерные графики.
6. Создание матрицы, содержащей значения функции двух переменных, и отображение ее в виде поверхности в трехмерном пространстве.

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме:

1. Берлинер, Э. М. САПР в машиностроении : учебник для вузов / Э. М. Берлинер, О. В. Таратынов. – Москва : Форум, 2014. – 448 с.
2. Афанасьева, Н. Ю. Вычислительные и экспериментальные методы научного эксперимента : [учеб. пособие*]. – М. : КНОРУС, 2013. – 330 с.
3. Хлебников, А. А. Информационные технологии : учебник / А. А. Хлебников. – М. : КноРус, 2014. – 472 с.
4. MATHCAD 14: Основные сервисы и технологии Пожарская Г. И., Назаров Д. М. Издатель: Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016

Лабораторная работа8. Решение уравнений

Цель работы:

Научиться создавать блоки, использовать готовые библиотеки блоков и разрабатывать собственные библиотеки.

Теоретическая часть.

Огромное количество задач вычислительной математики связано с решением нелинейных алгебраических уравнений, а также систем таких уравнений. При этом необходимость решения нелинейных уравнений возникает зачастую на промежуточных шагах, при реализации фрагментов более сложных алгоритмов (к примеру, при расчетах дифференциальных уравнений при помощи разностных схем и т. п.). Численное решение нелинейного уравнения Алгоритм приближенного решения уравнения $f(x)=0$ состоит из двух этапов:

1. нахождения промежутка, содержащего корень уравнения (или начальных приближений для корня);

2. получения приближенного решения с заданной точностью с помощью функции root. Если после многих итераций MathCAD не находит подходящего приближения, то появится сообщение **Can't converge to a solution.** (отсутствует сходимость).

Оборудование и материалы.

Персональный компьютер, программа MathCAD.

Указания по технике безопасности:

Соответствуют технике безопасности по работе с компьютерной техникой.

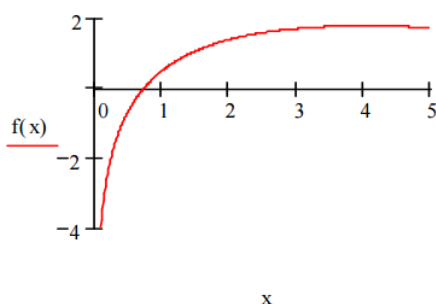
Задания

Пример 1. Решение уравнения с помощью функции ROOT

Пример 1. Решение уравнения с помощью функции ROOT

$$f(x) := 2 \cdot \ln(x) - \frac{x}{2} + 1$$

Задаем функцию $f(x)$



Строим график и находим начальное приближение

$$x := 0.7$$

$$\text{root}(f(x), x) = 0.728$$

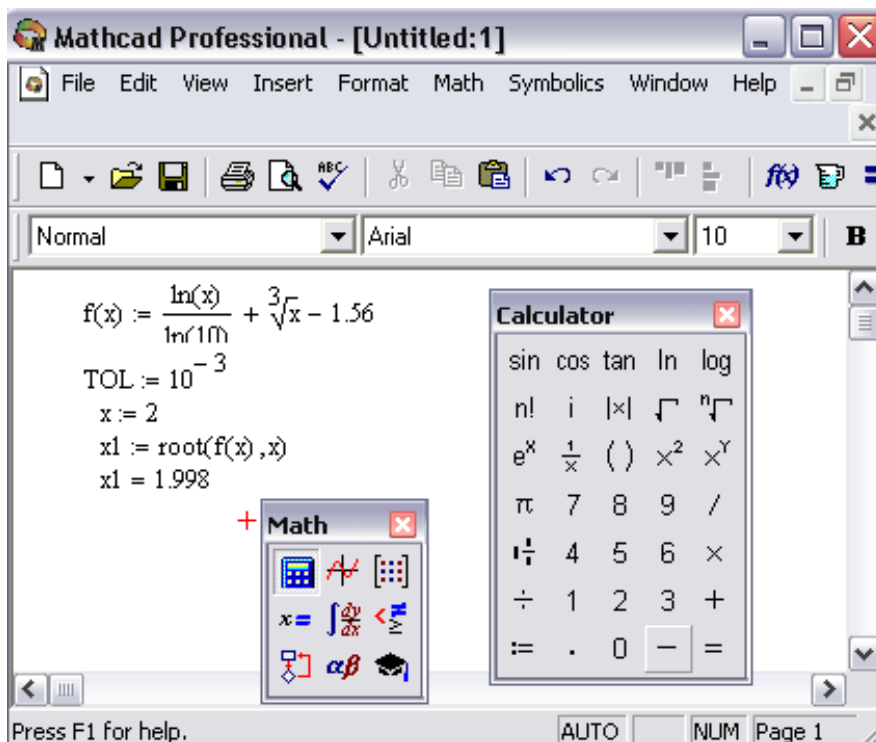
Эта ошибка может быть вызвана следующими причинами:

- уравнение не имеет корней;
- корни уравнения расположены далеко от начального приближения;
- 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.

Пример:

Нахождение корня нелинейного уравнения:



1. Определите корень нелинейного уравнения:

$$x + 0,323 - \frac{e^x}{2} = 0$$

с точностью $\varepsilon = 10^{-5}$, если $x_0 = 0,8$.

2. Определите корень нелинейного уравнения:

$$x \cdot e^x = 4.28$$

с точностью $\varepsilon = 10^{-6}$, если $x_0 = 1.2$.

3. Определите корень нелинейного уравнения:

$$x + x^2 + \sqrt{x} = 4.75$$

с точностью $\varepsilon = 10^{-3}$, если $x_0 = 1.5$.

4. Определите корень нелинейного уравнения:

$$x - \sqrt[3]{x} = 0.109$$

с точностью $\varepsilon = 10^{-4}$, если $x_0 = 1.1$.

5. Определите корень нелинейного уравнения:

$$x^2 + x = 3.3$$

с точностью $\varepsilon = 10^{-6}$, если $x_0 = 1.4$.

Нахождение корней полинома

Функция `Polyroots(v)` - возвращает корни полинома степени `n`. Коэффициенты полинома находятся в векторе `v` длины `n + 1`. Возвращает вектор длины `n`, состоящий из корней полинома.

$$0.75 \cdot x^3 - 8 \cdot x + 5$$

$$\mathbf{v} := \begin{pmatrix} 5 \\ -8 \\ 0 \\ 75 \end{pmatrix}$$

$$0.75 \cdot x^3 - 8 \cdot x + 5$$

Кoeffициенты полинома

4. Напечатайте $v:=$ и выполните команду

Правка → Вставить

$$\text{polyroots}(v) = \begin{pmatrix} -3.542 \\ 0.651 \\ 2.892 \end{pmatrix}$$

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n = b_1, \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n = b_2, \\ \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n = b_m. \end{cases}$$
$$Ax = b, \text{ где:}$$

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}, \quad x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{bmatrix}, \quad b = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \dots \\ b_n \end{bmatrix}.$$

Пример 3. Решение системы уравнений

$$\begin{cases} x_1 + 2x_2 + 3x_3 + 4x_4 = 30 \\ -x_1 + 2x_2 - 3x_3 + 4x_4 = 10 \\ x_2 - x_3 + x_4 = 3 \\ x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 10 \end{cases}$$

Запишем в матричном виде:

$$\underline{\underline{A}} := \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ -1 & 2 & -3 & 4 \\ 0 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \quad \underline{\underline{b}} := \begin{pmatrix} 30 \\ 10 \\ 3 \\ 10 \end{pmatrix}$$

$$|A| = -4$$

$$\underline{\underline{x}} := A^{-1} \cdot b \quad x = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{pmatrix}$$

$$\underline{\underline{x}} := \text{Isolve}(A, b)$$

$$x = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{pmatrix}$$

Решение системы уравнений методом Гаусса

Метод Гаусса, его еще называют методом Гауссовых исключений, состоит в том, что систему уравнений приводят последовательным исключением неизвестных к эквивалентной системе с треугольной матрицей. В матричной записи это означает, что сначала (прямой ход метода Гаусса) элементарными операциями над строками приводят расширенную матрицу системы к ступенчатому виду, а затем (обратный ход метода Гаусса) эту ступенчатую матрицу преобразуют так, чтобы в первых n столбцах получилась единичная матрица. Последний, $(n + 1)$ столбец этой матрицы содержит решение системы.

В MathCAD прямой и обратный ходы метода Гаусса выполняет функция $\text{rref}(A)$.

Пример 4. Решение системы уравнений методом Гаусса

$$\begin{cases} x_1 + 2x_2 + 3x_3 + 4x_4 = 30 \\ -x_1 + 2x_2 - 3x_3 + 4x_4 = 10 \\ x_2 - x_3 + x_4 = 3 \\ x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 10 \end{cases} \quad \underline{\underline{A}} := \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ -1 & 2 & -3 & 4 \\ 0 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \quad \underline{\underline{b}} := \begin{pmatrix} 30 \\ 10 \\ 3 \\ 10 \end{pmatrix}$$

$$\underline{\underline{\text{ORIGIN}}} := 1$$

Формирование расширенной матрицы системы:

$$A1 := \text{augment}(A, b) \quad A1 = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 30 \\ -1 & 2 & -3 & 4 & 10 \\ 0 & 1 & -1 & 1 & 3 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 10 \end{pmatrix}$$

Приведение расширенной матрицы к ступенчатому виду (прямой и обратный ходы метода Гаусса)

$$A2 := \text{rref}(A1) \quad A2 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 4 \end{pmatrix}$$

$$\underline{x} := \text{submatrix}(A2, 1, 4, 5, 5) \quad x = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{pmatrix} \quad \text{Проверка:} \quad A \cdot x - b = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Решение систем уравнений с помощью функций Find или Minner

Для решения системы уравнений с помощью функции Find необходимо выполнить следующее:

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

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

Пример 5. Решение системы уравнений с помощью функции Find

$x_1 := 0$ $x_2 := 0$ $x_3 := 0$ $x_4 := 0$ Начальные приближения

Given

$$x_1 + 2x_2 + 3x_3 + 4x_4 = 30$$

$$-x_1 + 2 \cdot x_2 - 3 \cdot x_3 + 4x_4 = 10$$

$$x_2 - x_3 + x_4 = 3$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 10$$

$$\text{Find}(x_1, x_2, x_3, x_4) = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{pmatrix}$$

Функция Minner очень похожа на функцию Find (использует тот же алгоритм). Если в результате поиска не может быть получено дальнейшее уточнение текущего приближения к решению, Minner возвращает это приближение. Функция Find в этом случае возвращает сообщение об ошибке. Правила использования функции Minner такие же, как и функции Find. Функция Minerr($x_1, x_2, \dots$) - возвращает приближенное решение системы уравнений. Число аргументов должно быть равно числу неизвестных

Символьное решение уравнений

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 → Переменные → Вычислить позволяет решить уравнение относительно некоторой переменной и выразить его корни через остальные параметры уравнения.

Чтобы решить уравнение символьно, необходимо:

1. Напечатать выражение (для ввода знака равенства используйте комбинацию клавиш Ctrl + =);
2. Выделить переменную, относительно которой нужно решить уравнение, щелкнув на ней мышью;
3. Выбрать пункт меню Символы → Переменные → Вычислить. Нет необходимости приравнять 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:

1. Напечатать ключевое слово Given;

2. Напечатать уравнения в любом порядке ниже слова Given. Удостоверьтесь, что для ввода знака = используется Ctrl + =;
3. Напечатать функцию Find, соответствующую системе уравнений;
4. Нажать Ctrl +. (клавиша CTRL, сопровождаемая точкой). MathCAD отобразит символичный знак равенства $\rightarrow$;
5. Щелкнуть мышью на функции Find.

Пример 6. Решение системы уравнений в символьном виде

Given

$$x + 2 \cdot \pi \cdot y = a$$

$$4 \cdot x + y = b \quad \text{Find}(x, y) \rightarrow \begin{bmatrix} \frac{2 \cdot \pi \cdot b - a}{-1 + 8 \cdot \pi} \\ \frac{-(-4 \cdot a + b)}{-1 + 8 \cdot \pi} \end{bmatrix}$$

Контрольные вопросы

1. Решение уравнения с помощью функции ROOT.
2. Нахождение корня нелинейного уравнения.
3. Нахождение корней полинома.
4. Решение системы уравнений методом Гаусса.
5. Решение систем уравнений с помощью функций Find или Minner.
6. Символьное решение уравнений.

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме:

1. Берлинер, Э. М. САПР в машиностроении : учебник для вузов / Э. М. Берлинер, О. В. Таратынов. – Москва : Форум, 2014. – 448 с.
2. Афанасьева, Н. Ю. Вычислительные и экспериментальные методы научного эксперимента : [учеб. пособие*]. – М. : КНОРУС, 2013. – 330 с.
3. Хлебников, А. А. Информационные технологии : учебник / А. А. Хлебников. – М. : КноРус, 2014. – 472 с.
4. МАТНСАД 14: Основные сервисы и технологии Пожарская Г. И., Назаров Д. М. Издатель: Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016

Лабораторная работа 9. Решение дифференциальных уравнений.

Цель работы:

Научиться наносить линейные, радиальные, диаметральные размеры, настраивать размерные линии и размерный текст, наносить штриховку на чертеже.

Теоретическая часть.

В систему MathCAD введена возможность решения дифференциальных уравнений и систем с такими уравнениями в численном виде. Эту возможность трудно переоценить, так как многие серьезные научно-технические задачи (особенно относящиеся к анализу динамических систем и к их математическому моделированию) базируются на численных методах решения систем дифференциальных уравнений.

Нелинейные дифференциальные уравнения и системы с такими уравнениями, как правило, не имеют аналитических методов решения, и здесь особенно важна возможность их решения численными методами. В большинстве случаев желательно представление решений в графическом виде, что и позволяет MathCAD.

Для решения дифференциальных уравнений (систем) различного порядка и различными методами в MathCAD введены 13 встроенных функций: rkadapt, Rkadapt, rkfixed, Bulstoer, bulstoer, bvalfit, multigird, relax, sbval, Stiffb, stiffb, Stiffr и stiffrr. Назначение и описание аргументов этих функций даны в лекции.

В функцию rkfixed заложен широко распространенный метод решения дифференциальных уравнений – метод Рунге-Кутты. Несмотря на то, что это не самый быстрый метод, функция rkfixed почти всегда справляется с поставленной задачей. Однако есть случаи, когда лучше использовать более сложные методы. Эти случаи попадают под три широкие категории: система может быть жесткой (Stiffb, Stiffrr), функции системы могут гладкими (Bulstoer) или плавными (Rkadapt). Нередко приходится пробовать несколько методов на одном дифференциальном уравнении (на одной системе), чтобы определить, какой метод лучше. Как известно, что решение гладкое, используется функция Bulstoer, куда заложен метод Бурлиш-Штера, а не Рунге-Кутта, используемый функцией rkfixed. В этом случае решение будет точнее. Можно решить задачу более точно (более быстро), если уменьшить шаг там, где производная меняется быстро, и увеличить шаг там, где она ведет более спокойно. Для этого предусмотрена функция Rkadapt. Но, несмотря на то что она при решении дифференциального уравнения использует непостоянный шаг, функция Rkadapt представит ответ для точек, находящихся на одинаковом расстоянии, заданном пользователем. Система дифференциальных уравнений, записанная в матричной форме $y=A \cdot x$, где A – почти вырожденная матрица, называется жесткой. При решении жестких систем следует использовать одну из двух встроенных функций, разработанных специально для таких случаев: Stiffb и Stiffrr. Они используют метод Булирш-Штера (b) или Розен-брока (r). Функции, начинающиеся со строчной буквы, дают решения только для конечной точки. Для решения двухточечных краевых задач предназначены функции: sbval и bvalfit. Для решения дифференциальных уравнений Пуассона (в частных производных второго порядка) и уравнений Лапласа в систему введены следующие функции: bvalfit, multigird, relax, sbval.

Оборудование и материалы.

Персональный компьютер, программа MathCAD.

Указания по технике безопасности:

Соответствуют технике безопасности по работе с компьютерной техникой.

Задания

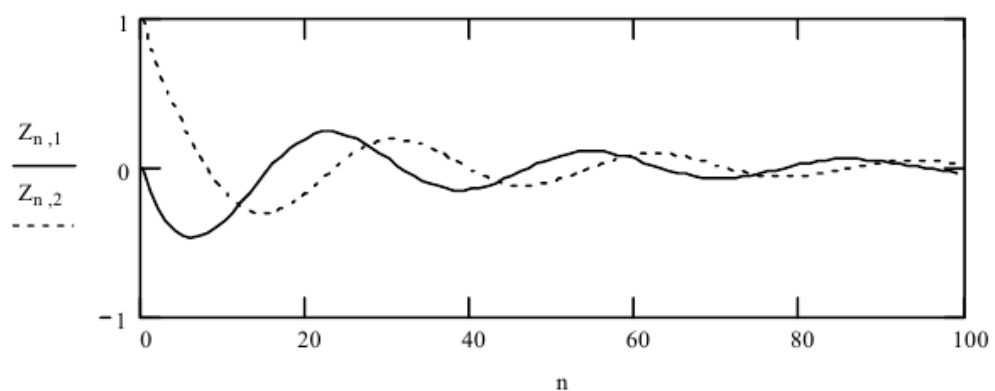
Решить обыкновенное дифференциальное уравнение

Решение системы из двух дифференциальных уравнений
методом Рунге-Кутты с фиксированным шагом

$\mu := -0.1$ Параметр системы $X := \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$ Вектор начальных условий

$D(t, X) := \begin{bmatrix} \mu \cdot X_0 - X_1 - \left[(X_0)^2 + (X_1)^2 \right] \cdot X_0 \\ \mu \cdot X_1 + X_0 - \left[(X_0)^2 + (X_1)^2 \right] \cdot X_1 \end{bmatrix}$ Система нелинейных дифференциальных уравнений

$Z := \text{rkfixed}(X, 0, 20, 100, D)$ $n := 0..99$ Задание решения



Задание к работе: Решите на отрезке $[x_0, x_N]$ задачу Коши $y' = f(x, y)$,

$y(x_0) = y_0$ методом Рунге-Кутты с постоянным шагом. Изобразите графики решений, вычисленных с шагами h , $2h$ и $h/2$. Значение $x_N > x_0$ выберите самостоятельно.

Варианты индивидуальных заданий

№	$F(x, y, y') = 0$	Начальное условие
1	$(e^x + 1)dy + e^x dx = 0$	$y(0) = 0.5$
2	$y \ln y + xy' = 0$	$y(1) = e$
3	$\sqrt{4 - x^2} y' + xy^2 + x = 0$	$y(0) = -\operatorname{tg} 2$
4	$3e^x \operatorname{tg} y dx + \frac{2 - e^x}{\cos^2 x} dx = 0$	$y(1) = \operatorname{arctg}(2 - e)$
5	$(1 + e^x)yy' = e^x$	$y(0) = 1$
6	$y' \sin x = y \ln y$	$y\left(\frac{\pi}{2}\right) = e$
7	$\frac{xdx}{1+y} - \frac{ydy}{1+x} = 0$	$y(1) = 1$
8	$(1 + y^2)dx = xdy$	$y\left(\frac{\pi}{4}\right) = 1$
9	$y' \sin x = \sin y$	$y\left(\frac{\pi}{2}\right) = \frac{\pi}{2}$
10	$3(x^2 y + y)dy + \sqrt{2 + y^2} dx = 0$	$y(0) = 1$

Решить задачу Коши $y_1' = f_1(x, y_1, y_2)$, $y_2' = f_2(x, y_1, y_2)$, $y_1(a) = y_{1,0}$,

$y_2(a) = y_{2,0}$ на отрезке $[a, b]$ методом Рунге-Кутты с постоянным шагом $h=0.1$. Изобразите графики решений, вычисленных с шагами h , $2h$ и $h/2$.

Варианты индивидуальных заданий

№	$f_1(x, y_1, y_2)$	$f_2(x, y_1, y_2)$	$y_1(a)$	$y_2(a)$	a	b
1	$x + y_1$	$(y_1 - y_2)^2$	0	1	-1	1
2	$\sin y_2$	$\cos y_1$	0.5	-0.5	-1	3
3	$x \cos(y_1 + y_2)$	$\sin(y_1 - y_2)$	-0.6	2	2	5
4	$\sin y_1 \cos^2 y_2$	$\cos y_1 \cos y_2$	0	0	-1	3
5	$\cos(y_1 y_2)$	$\sin(y_1 + y_2)$	0	0	0	2
6	$y_2 \ln x$	$y_1 + y_2$	-2	-1	1	4
7	$2y_1 / y_2$	$2y_1 - y_2$	1	1	1	3
8	$y_1 + y_2$	$1 / (1 + y_1 + y_2)$	0	0	0	4
9	$\operatorname{arctg}(xy_2)$	$\sin y_1$	0	0	-2	1
10	$\sin(x^2 + 2y_2)$	$\cos(xy_1)$	0	0	0	4

Контрольные вопросы

1. Решение дифференциальных уравнений (систем) различного порядка и различными методами в MathCAD
2. Встроенная функция rkadapt, ее назначение, особенности, синтаксис.
3. Встроенная функция Rkadapt, ее назначение, особенности, синтаксис.
4. Встроенная функция rkfixed, ее назначение, особенности, синтаксис.
5. Встроенная функция Bulstoer, ее назначение, особенности, синтаксис.
6. Встроенная функция bulstoer, ее назначение, особенности, синтаксис.
7. Встроенная функция bvalfit, ее назначение, особенности, синтаксис.
8. Встроенная функция multigird, ее назначение, особенности, синтаксис.
9. Встроенная функция relax, ее назначение, особенности, синтаксис.
10. Встроенная функция sbval, ее назначение, особенности, синтаксис.
11. Встроенная функция Stiffb, ее назначение, особенности, синтаксис.
12. Встроенная функция stiffb, ее назначение, особенности, синтаксис.
13. Встроенная функция StiffR, ее назначение, особенности, синтаксис.
14. Встроенная функция stiffR, ее назначение, особенности, синтаксис.

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме:

1. Берлинер, Э. М. САПР в машиностроении : учебник для вузов / Э. М. Берлинер, О. В. Таратынов. – Москва : Форум, 2014. – 448 с.
2. Афанасьева, Н. Ю. Вычислительные и экспериментальные методы научного эксперимента : [учеб. пособие*]. – М. : КНОРУС, 2013. – 330 с.
3. Хлебников, А. А. Информационные технологии : учебник / А. А. Хлебников. – М. : КноРус, 2014. – 472 с.
4. MATHCAD 14: Основные сервисы и технологии Пожарская Г. И., Назаров Д. М. Издатель: Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016

Лабораторная работа 10. Символьные вычисления

Цель работы:

Научиться вводить трехмерные координаты объектов, использовать фильтры точек. Переключать режимы трехмерного отображения, настраивать визуальные стили.

Теоретическая часть.

Символьный знак равенства позволяет Mathcad выйти за рамки численного вычисления выражений. Можно подумать, что это обычный знак $=$. В отличие от обычного знака равенства, который всегда возвращает число, символьный знак равенства может возвращать выражение.

Чтобы иметь возможность использовать символьный знак равенства, требуется Mathcad PLUS. Если это так, упростить выражение можно следующим образом:

- Удостоверьтесь, что команда **Автоматический** режим в меню **Математика** помечена, в противном случае сделайте это из меню.
- Удостоверьтесь, что команда **Использовать** **символику** в меню **Математика** помечена, в противном случае сделайте это из меню. Обратите

внимание, что эта команда написана серым, пока не установлен **Автоматический режим** из меню **Математика**.

- Введите выражение, которое нужно упростить.
- Нажмите **[Ctrl]**. (клавишу CTRL, сопровождаемую точкой). Mathcad отобразит стрелку “®”.
- Щёлкните мышью вне выражения. Mathcad отобразит упрощенную версию первоначального выражения. Если выражение не может быть упрощено, Mathcad просто повторит его справа от стрелки.

Символьный знак равенства является оператором, подобным любому оператору Mathcad. Когда делаются изменения где-либо выше или левее от него, Mathcad модифицирует результат. Символ равенства знает предварительно определенные функции и переменные и использует их везде, где необходимо. Можно предписать символу равенства игнорировать предшествующие определения функций и переменных, используя ключевое слово *assume*, как показано на Рисунке 4.

Рисунок 2 показывает некоторые примеры использования этого оператора. Обратите внимание, что ®применяется только ко всему выражению. Нельзя, например, применить ® ни к части выражения, ни к результату предыдущего действия ®.

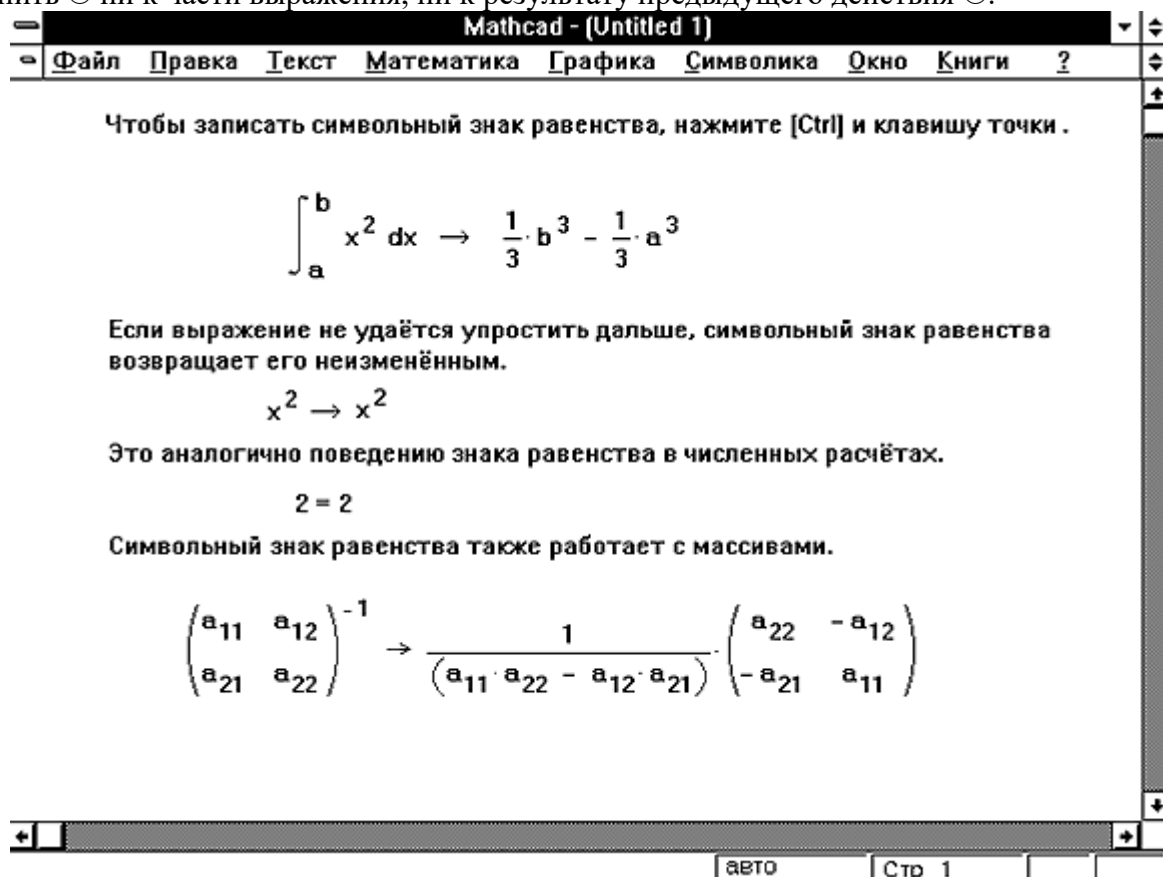


Рисунок 2: Использование символического знака равенства.

Настройка символического знака равенства

Символ ® берет выражение с левой стороны и помещает его упрощенную версию с правой стороны. По умолчанию эта операция упрощает левую сторону точно так, как это делает команда **Вычислить** ⇒ **Вычислить в символах** из меню **Символика**.

Конечно, что означает упростить — остаётся вопросом. До определённой степени можно управлять способом, которым оператор ® трансформирует выражение, помещая одно из следующих ключевых слов перед выражением, содержащим ®. Для более всестороннего контроля над символическими преобразованиями нужно использовать меню **Символика**.

Ключевое слово	Функция
----------------	---------

simplify	Упрощает выражение, выполняя арифметические преобразования, сокращая общие множители и используя основные тождества для тригонометрических и обратных функций.
expand	Разлагает все степени и произведения сумм в выражении.
series	Разлагает выражение от одной или нескольких переменных в окрестности определенной точки. По умолчанию разложение имеет вид полинома шестого порядка.
factor	Разлагает на множители выбранное выражение, если всё выражение может быть записано в виде произведения сомножителей.
assume	Предписывает Mathcad рассматривать переменную, которая следует после этой команды, в качестве неопределенной переменной, даже если ей присвоено определенное значение. Кроме этого, используется для определения ограничений, используемых для вычисления выражения.
complex	Предписывает Mathcad выполнить символьное преобразование в комплексной области. Результат будет обычно в форме $a + i \cdot b$.
float	Предписывает Mathcad отображать число в формате с плавающей запятой всякий раз, когда это возможно.
literally	Запрещает символьному процессору пытаться оптимизировать любое последующее выражение.

Ключевые слова чувствительны к регистру и поэтому должны печататься точно так, как показано. Зато они нечувствительны к шрифту.

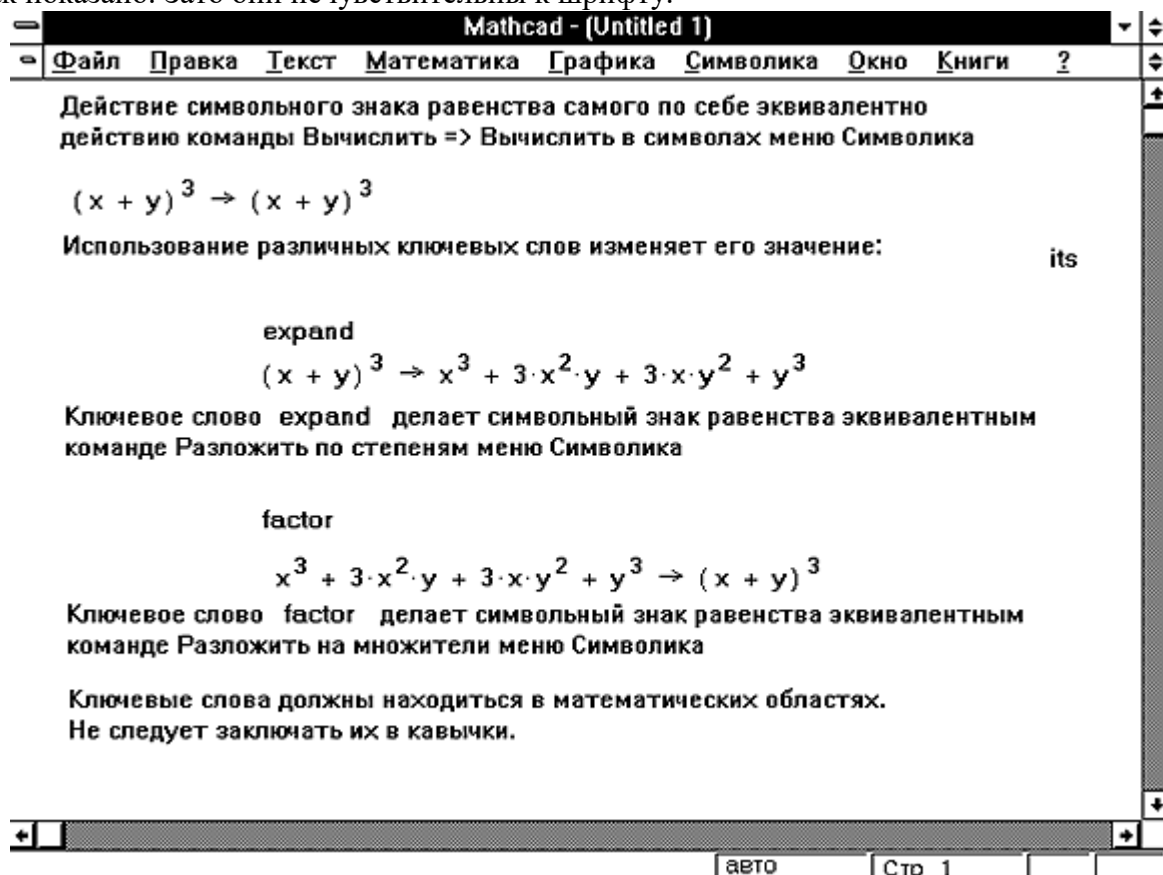


Рисунок 3: Использование ключевых слов с символьным знаком равенства.

Рисунок 3 показывает некоторые примеры использования этих ключевых слов. Заметьте, что ключевое слово действует только до следующего символа ®. Когда

символьный знак равенства используется для преобразования выражения, Mathcad просматривает все переменные и функции, проверяя, были ли они ранее определены в рабочем документе. Если Mathcad находит определения, он их использует. Любые другие переменные и функции участвуют в преобразовании в виде символов. Есть три исключения из этого правила, иллюстрируемые на Рисунке 4. При преобразовании выражения, использующего ранее определенные переменные и функции, Mathcad игнорирует предшествующие определения, если:

- переменная определена как число, содержащее десятичную точку;
- ключевое слово **assume** предшествует определению или;
- переменная была определена как дискретный аргумент.

Можно также использовать ключевое слово **assume**, чтобы наложить ограничения на переменные в выражении. Последний пример на Рисунке 4 показывает, как заданием ограничений на параметр интеграл может быть сделан сходящимся. Чтобы определить несколько условий, достаточно отделить их запятыми, как показано в примере на Рисунке 4. Ключевое слово **assume** должно предшествовать любому другому ключевому слову, обращенному к выражению, поскольку ключевое слово будет применяться только к выражению, расположенному сразу после него. Пример показан в середине Рисунка 4.

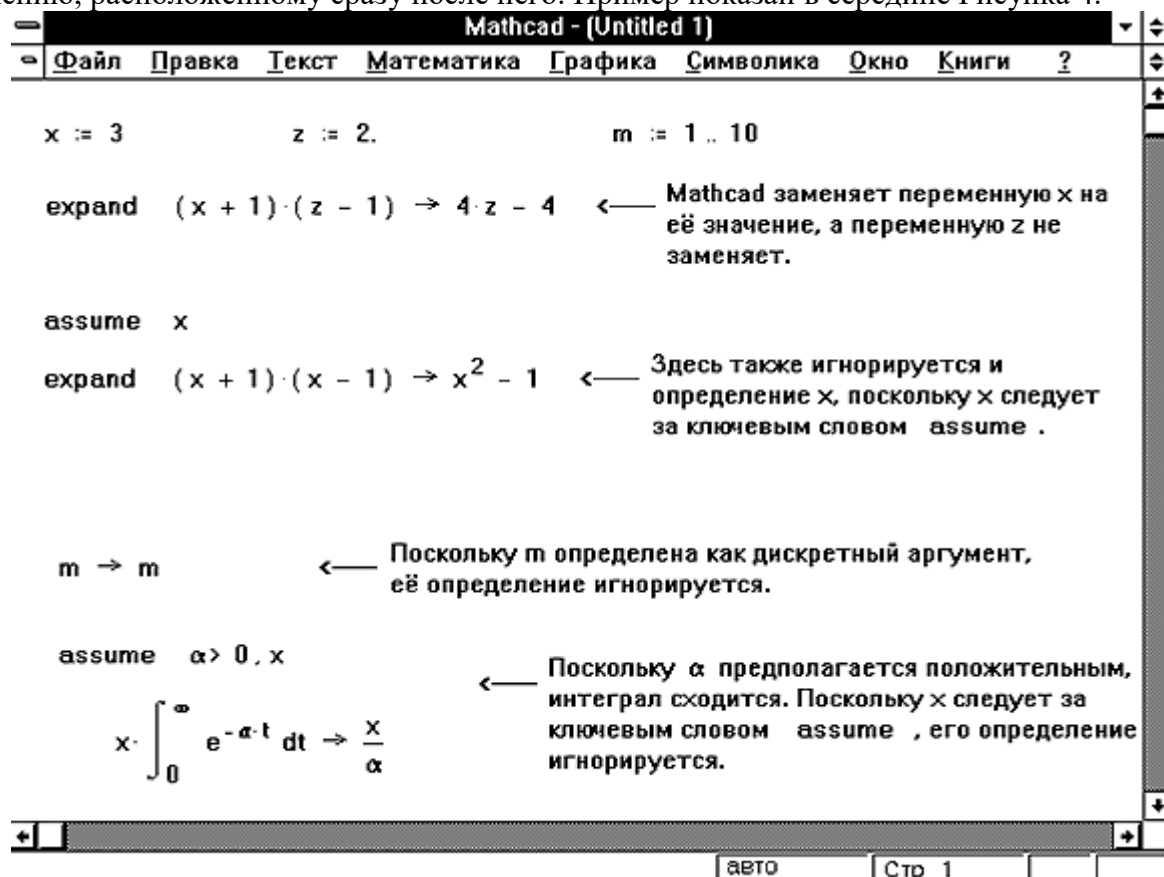


Рисунок 4: Ключевое слово **assume** определяет, заменит или нет Mathcad значения переменной и имен функций в выражении.

Ключевые слова **complex** и **float** обеспечивают некоторый дополнительный контроль над формой, в которой Mathcad отображает результат при символьных преобразованиях.

Ключевое слово **complex** перед выражением предписывает Mathcad возвращать результат в форме $a + i \cdot b$. Нет нужды каждый раз выводить такую громоздкую конструкцию, когда все параметры вещественны. Однако, когда выражение может содержать комплексные величины, возможность увидеть более общее представление становится полезной. Рисунок 5 сравнивает некоторые преобразования с использованием и без использования ключевого слова **complex**.

Ключевое слово **float** предписывает отображать всякий раз, когда возможно, последующие символьные результаты в виде чисел с плавающей запятой. Можно управлять точностью этого числа, сопровождая **float** соответствующим целым числом, как показано на Рисунке 6. На этом рисунке Mathcad отображает величину $\pi/2$ в формате с плавающей запятой. Однако ключевое слово **float** никак не влияет на X . Пока величина X не определена, Mathcad не может отображать ничего, кроме X .

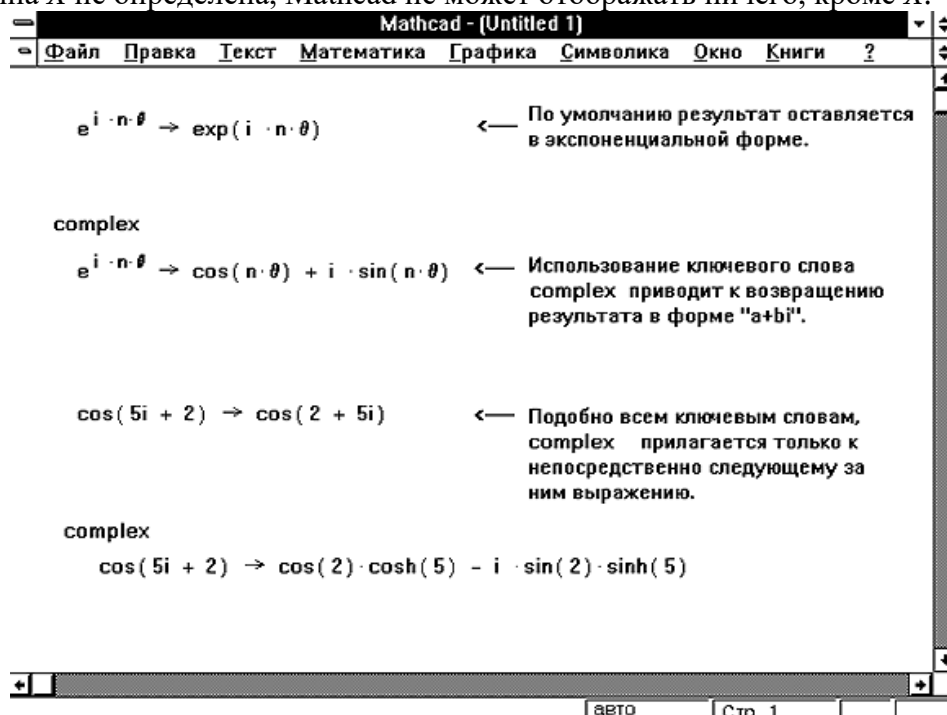


Рисунок 5: Ключевое слово **complex** определяет, нужно или нет Mathcad возвращать результат в форме $a + i \cdot b$.

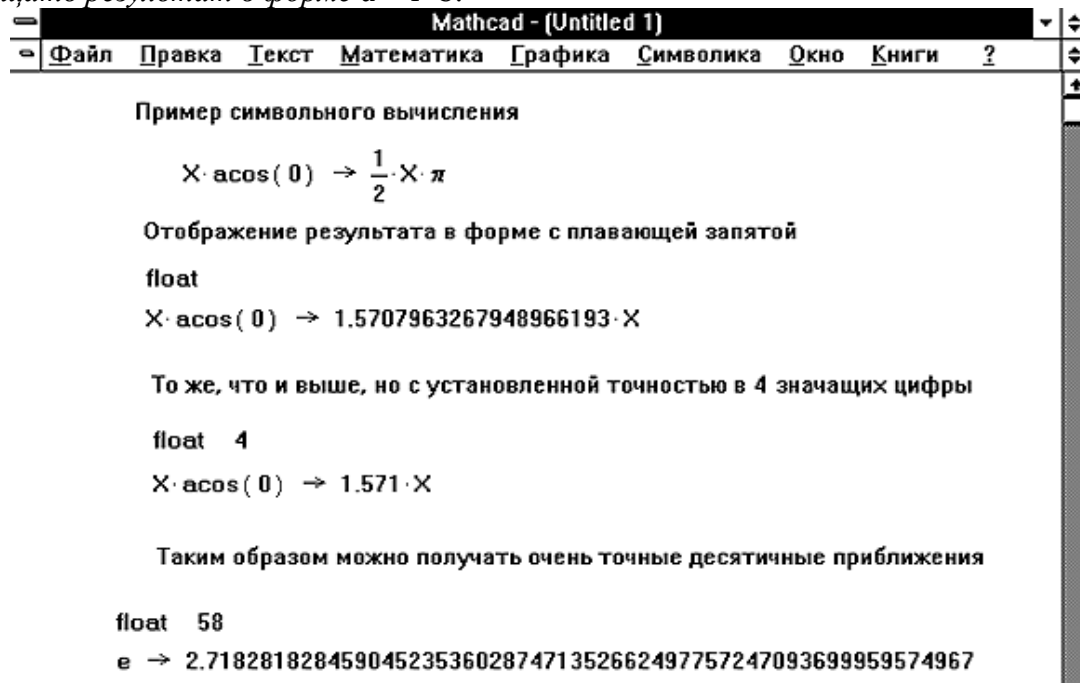


Рисунок 6: Используйте ключевое слово **float**, чтобы отобразить результаты в числовом виде всякий раз, когда это возможно.

Ключевое слово **series** используется, чтобы сопоставить выражению отрезок его ряда Тэйлора по определенной комбинации переменных. По умолчанию Mathcad разлагает в ряд относительно точки 0 и использует все члены ряда, у которых сумма

показателей степени меньше шести. Можно, впрочем, определять точки, в которых необходимо получить разложение в ряд, как показано на Рисунке 7. Это особенно полезно, когда выражение имеет особенность в 0. Можно также определять порядок разложения, как показано в последнем примере Рисунка 7.

Иногда ряд будет содержать коэффициенты, отображаемые в довольно длинной символьной форме. Полезно использовать ключевое слово **float** вместе с **series**, как показано на Рисунке 7. В приведенном разложении при отсутствии ключевого слова **float** можно было бы получить выражение, содержащее $\exp(1)$.

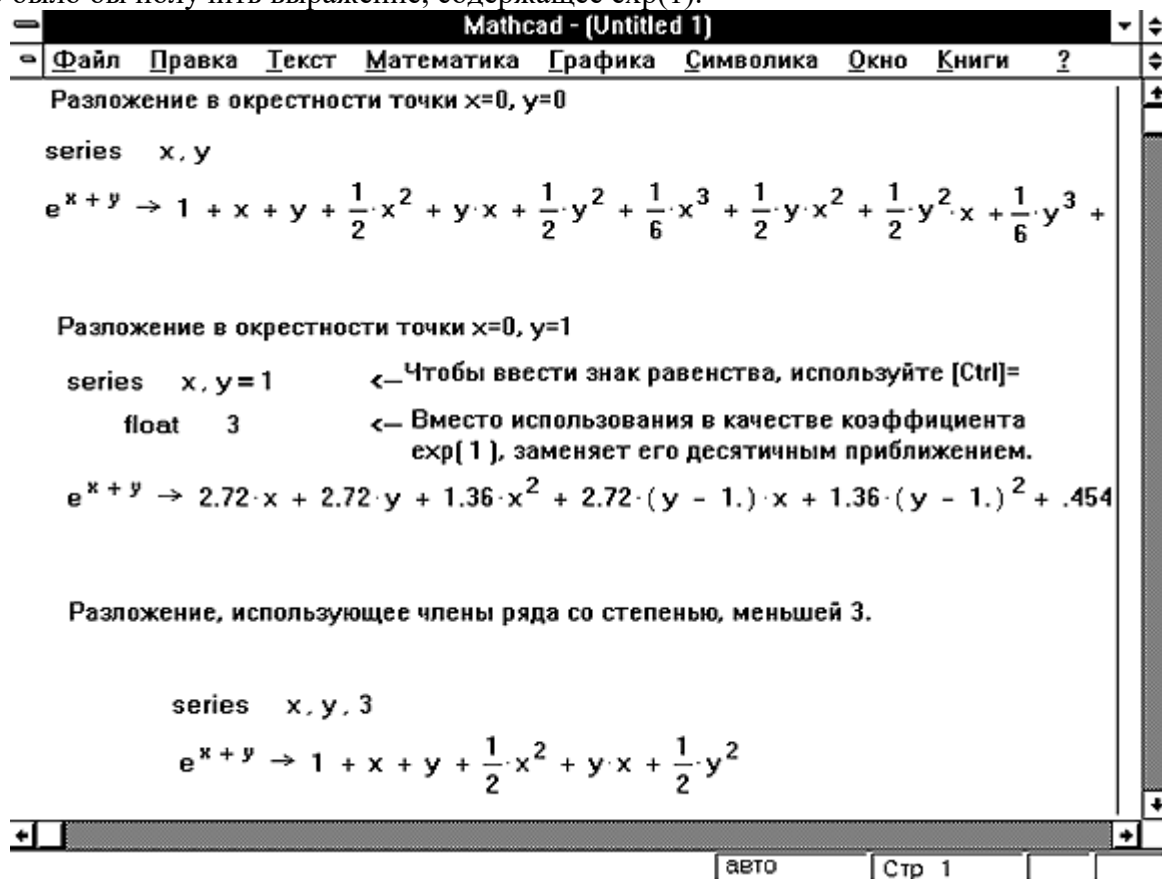


Рисунок 7: Используйте ключевое слово **series**, чтобы разложить выражение в окрестности выбранной точки.

Использование меню Символика

Хотя символьный знак равенства, обсужденный в последнем разделе, удобен для использования, набор предоставляемых им символьных преобразований ограничен. Команды из меню **Символика** обеспечивают значительно большее управление видами доступных символьных преобразований.

Основные шаги для использования меню **Символика** — те же самые, что и для всех команд меню:

- Заключите всё, что требуется преобразовать, в выделяющую рамку.
- Выберите соответствующую команду из меню **Символика**.
- Mathcad поместит преобразованное выражение в рабочий документ.

Имеется важное различие между символьным преобразованием, использующим меню **Символика**, и преобразованием, использующим символьный знак равенства, описанный в предыдущем разделе. Результаты с правой стороны от символьного знака равенства вычисляются заново всякий раз при внесении изменений в рабочий документ. Результат, полученный с использованием меню **Символика**, автоматически модифицироваться не будет.

Предположим, например, что после выделения выражения выбран пункт **Разложить на множители** из меню **Символика** — Mathcad вставит разложенный на множители результат. Если теперь отредактировать первоначальное выражение,

символьный ответ не изменится. Чтобы получить новый ответ, придётся снова выделить выражение, которое только что изменили, и снова выбрать из меню пункт **Разложить на множители** — Mathcad заменит результат.

В следующих разделах подробно описываются различные команды меню **Символика**.

Оборудование и материалы.

Персональный компьютер, программа MathCAD.

Указания по технике безопасности:

Соответствуют технике безопасности по работе с компьютерной техникой.

Задания

В MathCad имеется достаточно широкий спектр вычислений в символьном виде. Для вычисления в символьном виде нажатием кнопки  на палитре математических знаков откройте панель *Символика*, как это показано на рис.51.13.

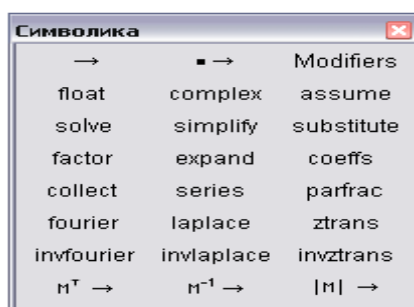


Рис.51.13

Простейшим примером символьных вычислений является вычисление неопределенных интегралов. Для этого с использованием символа неопределенного интеграла на панели *Исчисление* наберите требуемый неопределенный интеграл. Затем вместо символа $=$ наберите символьный знак равенства $\rightarrow$ на панели *Оценка* и нажмите [Enter]. Знак $\rightarrow$ также вводится комбинацией клавиш [Ctrl+ $\cdot$].

Пример символьного вычисления интеграла показан на рис.51.14. На этом же рисунке показаны примеры символьного вычисления тройного интеграла и определенного интеграла с параметрами a,b.

Заметим, что далеко не все интегралы и тем более двойные и тройные Mathcad может вычислить в символьном виде. Пример невычисляемого в символьном виде интеграла (неберущийся интеграл) приведен на рис.51.14.

Аналогичным образом в символьном виде можно вычислить производные любого порядка, суммы, произведения. Пример таких вычислений приведен на рис.51.15.

$$\int \sin(x) \cdot e^x dx \rightarrow \frac{-1}{2} \cdot \exp(x) \cdot \cos(x) + \frac{1}{2} \cdot \sin(x) \cdot \exp(x)$$

$$\int \int \int x^2 \cdot \sin(y) \cdot e^z dx dy dz \rightarrow \frac{-1}{3} \cdot \cos(y) \cdot x^3 \cdot \exp(z)$$

$$\int_0^a \int_{x \left(\frac{b}{a} \right)}^b (a-x)^2 + (b-y)^2 dy dx \rightarrow \frac{1}{4} \cdot a^3 \cdot b + \frac{1}{12} \cdot a \cdot b^3$$

$$\int \frac{x^2}{e^x + \sin(x)} dx \rightarrow \int \frac{x^2}{(\exp(x) + \sin(x))} dx$$

Рис.51.14

Mathcad имеет также следующие возможности: упрощение выражения Simplify, разложение выражения по степеням Expand и разложение выражения на множители Factor. Операция $\rightarrow$ подразумевает Simplify по умолчанию, однако ее непосредственное использование дает более простой результат, как это показано на рис.51.15 для произведений.

$$\sum_i i^2 \rightarrow \frac{1}{3} \cdot i^3 - \frac{1}{2} \cdot i^2 + \frac{1}{6} \cdot i \quad \sum_k \frac{1}{(2 \cdot k - 1)^2} \rightarrow \frac{-1}{4} \cdot \text{Psi} \left(1, k - \frac{1}{2} \right)$$

$$\prod_k \frac{k^2}{k-1} \text{ simplify} \rightarrow \Gamma(k) \cdot (k-1)$$

Рис.51.15

Для выполнения соответствующей команды типа Simplify, Factor или Expand необходимо вместо $\rightarrow$ выбрать соответствующее слово на панели *Символика*. Пример команд Simplify, Expand, Factor приведен на рис.51.16.

$$\begin{aligned} \sin(x)^2 + \cos(x)^2 \text{ simplify} &\rightarrow 1 & \frac{a^2 - b^2}{(a+b) \cdot (a-b)} \text{ simplify} &\rightarrow 1 \\ \frac{-5}{x} + \frac{5}{x-1} - \frac{5}{(x-1)^2} + \frac{6}{(x-1)^3} - \frac{4}{(x-1)^4} \text{ simplify} &\rightarrow \frac{(x^2 - 5)}{[x \cdot (x-1)^4]} \\ \sin(5 \cdot x) \text{ expand,2} &\rightarrow 16 \cdot \sin(x) \cdot \cos(x)^4 - 12 \cdot \sin(x) \cdot \cos(x)^2 + \sin(x) \\ (a+b)^5 \text{ expand,2} &\rightarrow a^5 + 5 \cdot a^4 \cdot b + 10 \cdot a^3 \cdot b^2 + 10 \cdot a^2 \cdot b^3 + 5 \cdot a \cdot b^4 + b^5 \\ 3 - (4 \cdot \cos(2 \cdot a) + \cos(4 \cdot a)) \text{ expand,2} &\rightarrow 2 - 4 \cdot \cos(2 \cdot a) - 8 \cdot \cos(a)^4 + 8 \cdot \cos(a)^2 \\ x^2 - y^2 \text{ factor,2} &\rightarrow (x-y) \cdot (x+y) & \left[\binom{a}{2} - 2 \cdot a \cdot b + b^2 \right] \text{ factor,2} &\rightarrow (a-b)^2 \\ \sum_n x - n \text{ factor,2} &\rightarrow n \cdot (x-1) & x^3 - 1 \text{ factor,2} &\rightarrow (x-1) \cdot (x^2 + x + 1) \end{aligned}$$

Рис.51.16

Команда `Collect` разлагает выражение по степеням указанной в этой команде переменной, если такое представление возможно. Пример использования команды `Collect` приведен на рис.51.17.

$$\begin{aligned} (a+b)^5 \text{ collect,a} &\rightarrow a^5 + 5 \cdot a^4 \cdot b + 10 \cdot a^3 \cdot b^2 + 10 \cdot a^2 \cdot b^3 + 5 \cdot a \cdot b^4 + b^5 \\ (x-a) \cdot (x-b) \cdot (x-c) \text{ collect,x} &\rightarrow x^3 + (-a-b-c) \cdot x^2 + [a \cdot b - (-a-b) \cdot c] \cdot x - a \cdot b \cdot c \\ (a+b+c)^3 \text{ collect,a} &\rightarrow a^2 + (2 \cdot b + 2 \cdot c) \cdot a + (b+c)^2 \\ (a+b+c)^2 \text{ collect,b} &\rightarrow b^2 + (2 \cdot a + 2 \cdot c) \cdot b + (a+c)^2 \\ (a+b+c)^2 \text{ collect,c} &\rightarrow c^2 + (2 \cdot a + 2 \cdot b) \cdot c + (a+b)^2 \end{aligned}$$

Рис.51.17

Команда `Coeffs` используется для вычисления коэффициентов полинома относительно указанной в команде переменной. Пример команды `Coeffs` приведен на рис.51.18.

$$\begin{array}{l}
 (x-b) \cdot (x+b) \text{ coeffs}, x \rightarrow \begin{pmatrix} -b^2 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} \quad [(4) \cdot x^3 + 3 \cdot x^2] \cdot (x+1) \text{ coeffs}, x \rightarrow \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 3 \\ 7 \\ 4 \end{pmatrix} \\
 (x-b) \cdot (x^2+2) \text{ coeffs}, x \rightarrow \begin{pmatrix} -2 \cdot b \\ 2 \\ -b \\ 1 \end{pmatrix} \quad (x+b^2)(b-1) \text{ coeffs}, b \rightarrow \begin{pmatrix} -x \\ x \\ -1 \\ 1 \end{pmatrix}
 \end{array}$$

Рис.51.18

Команда Solve позволяет решить уравнение или неравенство с нулевой правой частью относительно указанной в этой команде переменной. Пример использования команды Solve приведен на рис.51.19.

$$\begin{array}{l}
 x^2 + a \cdot x + b \text{ solve}, x \rightarrow \left[\begin{array}{l} \frac{-1}{2} \cdot a + \frac{1}{2} \cdot (a^2 - 4 \cdot b)^{\left(\frac{1}{2}\right)} \\ \frac{-1}{2} \cdot a - \frac{1}{2} \cdot (a^2 - 4 \cdot b)^{\left(\frac{1}{2}\right)} \end{array} \right] \\
 e^x - a \text{ solve}, x \rightarrow \ln(a)
 \end{array}$$

Рис.51.19

Команда Solve позволяет также решать системы линейных и нелинейных уравнений (с нулевой правой частью). Пример решения систем уравнений приведен на рис.51.20.

$$\begin{array}{l}
 \begin{pmatrix} x^2 + y^2 - 7 \\ 2 \cdot x - y \end{pmatrix} \text{ solve}, x, y \rightarrow \begin{pmatrix} \frac{1}{5} \cdot \sqrt{35} & \frac{2}{5} \cdot \sqrt{35} \\ \frac{-1}{5} \cdot \sqrt{35} & \frac{-2}{5} \cdot \sqrt{35} \end{pmatrix} \\
 \begin{pmatrix} x^2 + y^2 + z^2 - 3 \\ x + y - z - 1 \\ x \cdot y \cdot z - 1 \end{pmatrix} \text{ solve}, x, y, z \rightarrow \begin{pmatrix} 1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & -1 \end{pmatrix}
 \end{array}$$

Рис.51.20

Возможны также символьные операции $M^T \rightarrow$, $M^{-1} \rightarrow$ и $|M| \rightarrow$ над матрицей.

$$\begin{array}{l}
 a \cdot x^2 + b \cdot x + c \text{ substitute, } x = 5 \rightarrow 25 \cdot a + 5 \cdot b + c \\
 a \cdot x^2 + b \cdot x + c \left| \begin{array}{l} \text{substitute, } c = 3 \\ \text{substitute, } x = 5 \end{array} \right. \rightarrow 25 \cdot a + 5 \cdot b + 3 \\
 a \cdot x^2 + b \cdot x + c \left| \begin{array}{l} \text{substitute, } x = 5 \\ \text{substitute, } c = 4 \\ \text{substitute, } b = 11 \end{array} \right. \rightarrow 25 \cdot a + 59 \\
 a \cdot x^2 + b \cdot x + c \left| \begin{array}{l} \text{substitute, } x = 5 \\ \text{substitute, } c = 3 \\ \text{substitute, } b = 4 \\ \text{substitute, } a = 3 \end{array} \right. \rightarrow 98
 \end{array}$$

Рис.51.21

Команда Substitute используется для подстановки значений переменных в выражение и вычисление этого выражения. Для этого наберите выражение, на панели *Символика* выберите команду Substitute, заполните трафарет. Далее установите оформление в виде: $a \cdot x^2 + b \cdot x + c \text{ substitute, } x = 5 \rightarrow$ и выберите опять команду Substitute, и так далее до присваивания числовых значений всем переменным. Пример использования команды Substitute приведен на рис.51.21

Контрольные вопросы

1. Символьный знак равенства.
2. Mathcad PLUS.
3. Меню Математика.
4. Настройка символьного знака равенства.
5. Символьные операции: assume, complex и float, series ,
6. Использование меню Символика.

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме:

1. Берлинер, Э. М. САПР в машиностроении : учебник для вузов / Э. М. Берлинер, О. В. Таратынов. – Москва : Форум, 2014. – 448 с.
2. Афанасьева, Н. Ю. Вычислительные и экспериментальные методы научного эксперимента : [учеб. пособие*]. – М. : КНОРУС, 2013. – 330 с.
3. Хлебников, А. А. Информационные технологии : учебник / А. А. Хлебников. – М. : КноРус, 2014. – 472 с.

4. MATHCAD 14: Основные сервисы и технологии Пожарская Г. И., Назаров Д. М.
Издатель: Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016

Лабораторная работа 11. Построение волновых и потенциальных диаграмм

Цель работы:

Научиться использовать режим динамического ввода для задания трехмерных координат объектов.

Теоретическая часть.

Динамический ввод позволяет вводить информацию около курсора, не используя командную строку, которая находится в нижней части окна команд. Более того, само окно команд может отсутствовать в текущей конфигурации рабочего пространства. В AutoCAD 2006 имеется возможность циклически удалять и выводить заново окно команд при помощи нажатия комбинации клавиш <Ctrl>+<9>.

Динамический ввод может реализоваться в двух режимах.

- *Курсорный ввод*, который используется для ввода абсолютных и относительных координат точек в специальное поле около курсора. По умолчанию вводятся относительные координаты, а если нужно ввести абсолютные координаты, измеряемые от начала текущей системы координат, то следует сначала ввести знак # перед первой координатой.
- *Размерный режим ввода*, который доступен для команд рисования LINE (ОТРЕЗОК), ARC (ДУГА), CIRCLE (КРУГ), ELLIPSE (Эллипс) и PLINE (ПОЛИЛИНИЯ), выводит около курсора подсказку команды и имеет поля для расстояния и абсолютного угла его наклона к оси *Ox*. *Переход* от одного поля к другому выполняется при помощи клавиши «Tab». В этом режиме можно вывести динамическое меню, в котором содержатся ранее введенные координаты и динамическое меню с опциями команды, если нажать клавишу со стрелкой, направленной вниз (<↓>). Обратная операция — отказ от меню — выполняется после нажатия клавиши со стрелкой, направленной вверх (<↑>).

Настройка динамического ввода выполняется в диалоговом окне **Drafting Settings** (Режимы рисования) на дополнительной вкладке **Dynamic Input** (Динамический ввод), появившейся впервые в AutoCAD 2006.

Оборудование и материалы.

Персональный компьютер, программа MathCAD.

Указания по технике безопасности:

Соответствуют технике безопасности по работе с компьютерной техникой.

Задания

В предыдущих работах мы строили график для индексированных переменных, когда индексы были целыми числами. Если же нужно построить зависимость $i=i(t)$ и аргумент t не принимает целые значения, а изменяется, например, от 0 до 0,03 с через 0,0001 с, то в этом случае существует несколько способов построения графика.

Первый способ. Так же, как и ранее, надо ввести целочисленную управляющую переменную, например, $k:= 0..300$. Теперь аргумент t будет уже индексированной переменной, т.е. переменной, имеющей индекс k . Этот индексированный аргумент будет выражаться через управляющую переменную (или индекс k) следующим образом:

$$t_k := 0,0001 * k.$$

. Функция тока также будет индексированной переменной I_k . Пусть, например, в результате расчета электрической цепи комплексным методом получены комплексные значения токов:

$$I_1 = 5,673 + 2,419j; \quad I_2 = 2,094 + 2,532j; \quad I_3 = 3,58 - 0,112j.$$

Построим по этим данным волновые диаграммы токов (рис. 3.1). Токи на рис. 3.1 представлены как индексированные функции от индексированного аргумента t_k .

Отметим, что аргумент t может задаваться не как индексированная переменная, зависящая от k , а как функция k , которая выражается через k следующим образом:

$$t(k) := 0.0001 * k.$$

Переменные i_1, i_2, i_3 задаются как функции аргумента t , т.е.:

$$i_1(t) := \sqrt{2} \cdot |I_1| \cdot \sin(314 \cdot t(k) + \arg(I_1));$$

$$i_2(t) := \sqrt{2} \cdot |I_2| \cdot \sin(314 \cdot t(k) + \arg(I_2));$$

$$i_3(t) := \sqrt{2} \cdot |I_3| \cdot \sin(314 \cdot t(k) + \arg(I_3)).$$

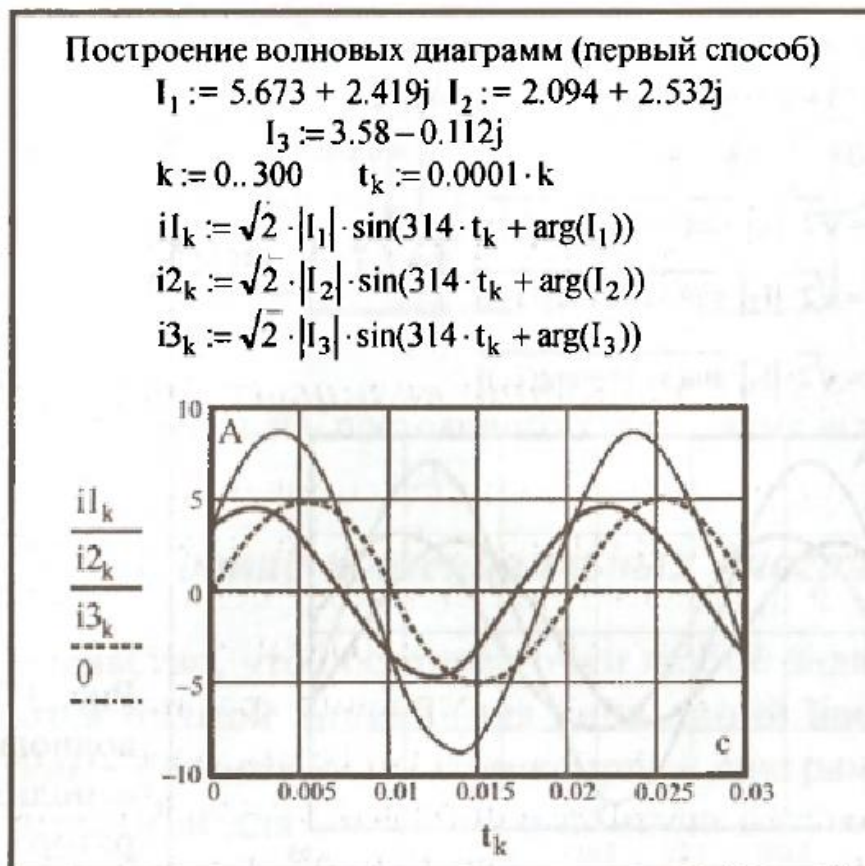


Рис. 3.1. Построение волновых диаграмм с применением индексированных переменных

Постройте график таким способом самостоятельно.

Во втором способе вместо нижних индексов у токов используется векторная запись с помощью оператора векторизации (рис. 3.2).

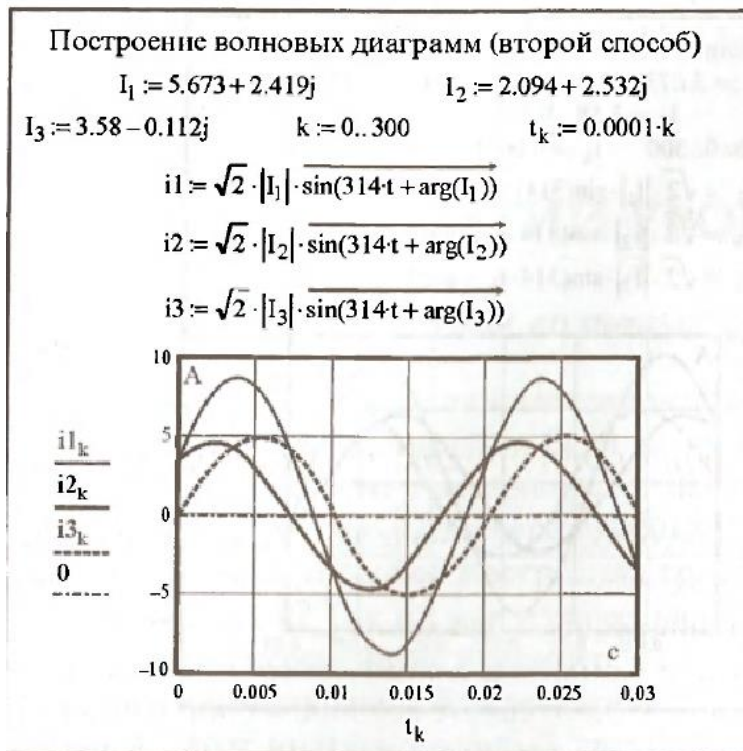


Рис. 3.2. Построение волновых диаграмм с использованием оператора векторизации

Формулы, которые используют векторную запись вместо нижних индексов, обычно вычисляются намного быстрее. Напомним, что символ векторизации вводится как [Ctrl]+[-].

В третьем способе управляющая переменная вообще отсутствует. Аргумент t задается с шагом 0,001 с, а ток записывается как функция аргумента t . Этот способ построения волновых диаграмм приведен на рис. 3.3.

Построение волновых диаграмм (третий способ)

$$I_1 = 5.673 + 2.419j$$

$$I_2 = 2.094 + 2.532j$$

$$t := 0, 0.001..0.03$$

$$I_3 = 3.58 - 0.112j$$

$$i1(t) := \sqrt{2} \cdot |I_1| \cdot \sin(314 \cdot t + \arg(I_1))$$

$$i2(t) := \sqrt{2} \cdot |I_2| \cdot \sin(314 \cdot t + \arg(I_2))$$

$$i3(t) := \sqrt{2} \cdot |I_3| \cdot \sin(314 \cdot t + \arg(I_3))$$

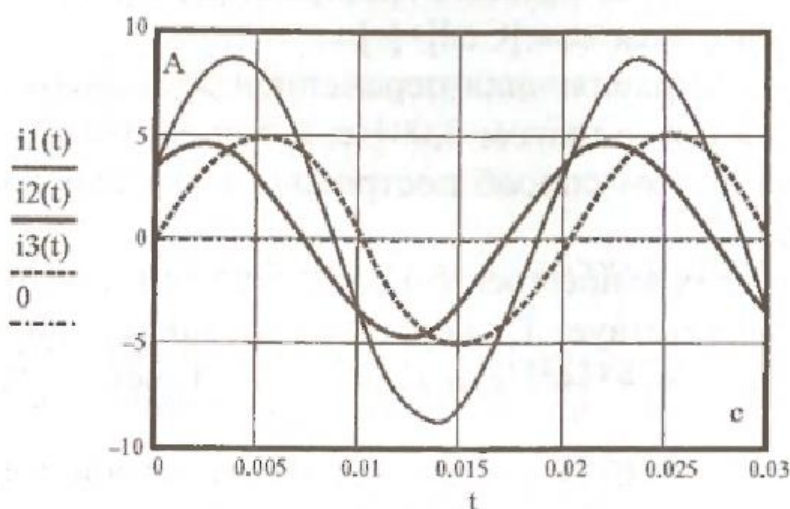


Рис. 3.3. Построение волновых диаграмм с использованием функций дискретного аргумента

Во всех рассмотренных выше трех способах время t изменяется от 0 до 0,03 с, что соответствует 1,5 периодам питающего напряжения с угловой частотой $\omega = 314$ 1/с, а количество точек на этом интервале равно 300.

Построение потенциальных диаграмм

То обстоятельство, что соседние точки любой заданной функции соединяются прямой линией (для типа линий line или draw), позволяет строить потенциальные и векторные диаграммы. Потенциальной диаграммой для замкнутого контура называют зависимость потенциалов в точках контура от величины сопротивлений.

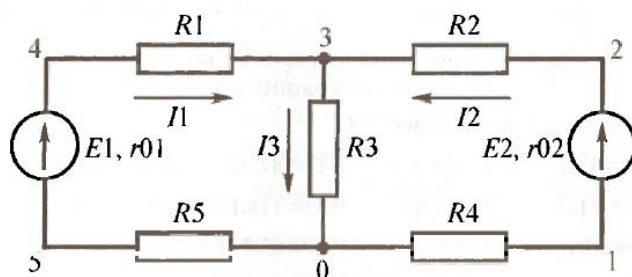


Рис. 3.4. Электрическая цепь постоянного тока с двумя источниками ЭДС

Величины сопротивлений откладываются по оси x , а значения потенциалов — по оси y . Поскольку сопротивления элементов, как правило, разные, то для того, чтобы отложить их по оси x , необходимо ввести целочисленную управляющую переменную k , которая будет соответствовать точкам замкнутого контура. Сопротивление участка обозначим R_j , а потенциал точки — U_k . Построение потенциальной диаграммы для схемы, приведенной на рис. 3.4, показано на рис. 3.5.

Построение потенциальной диаграммы для цепи постоянного тока

Известны для цепи на рис. 3.4:

$$\begin{aligned} r_{01} &:= 14.5 & r_{02} &:= 7.5 & R_1 &:= 82.72 & R_2 &:= 110 \\ R_3 &:= 71.9 & R_4 &:= 80 & R_5 &:= 114.15 & I_1 &:= 0.22 \\ I_2 &:= 0.04 & I_3 &:= 0.26 & E_1 &:= 65.4 & E_2 &:= 26.8 \end{aligned}$$

Выберем контур обхода 0-1-2-3-4-5-0 и рассчитаем в каждой точке сопротивление R (нарастающим итогом от начала обхода) и потенциал U

$$\begin{aligned} R_0 &:= 0 & R_1 &:= R_0 + R_4 & R_2 &:= R_1 + r_{02} & R_3 &:= R_2 + R_2 \\ R_4 &:= R_3 + R_4 & R_5 &:= R_4 + r_{01} & R_6 &:= R_5 + R_5 & U_0 &:= 0 \\ U_1 &:= U_0 - R_4 \cdot I_2 & U_2 &:= U_1 + E_2 - r_{02} \cdot I_2 & U_3 &:= U_2 - R_2 \cdot I_2 \\ U_4 &:= U_3 + R_1 \cdot I_1 & U_5 &:= U_4 - E_1 + r_{01} \cdot I_1 & U_6 &:= U_5 + R_5 \cdot I_1 \end{aligned}$$

В результате получим два вектора

$$R = \begin{pmatrix} 0 \\ 80 \\ 87.5 \\ 197.5 \\ 277.5 \\ 292 \\ 406.15 \end{pmatrix} \quad U = \begin{pmatrix} 0 \\ -3.2 \\ 23.3 \\ 18.9 \\ 37.098 \\ -25.112 \\ 1.4 \times 10^{-3} \end{pmatrix}$$

Введем переменную $k := 0..6$
и построим график

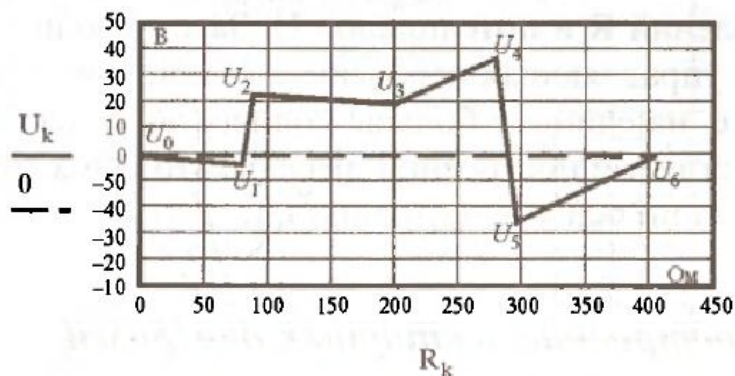


Рис. 3.5. Построение потенциальной диаграммы для цепи постоянного тока с двумя источниками ЭДС

Как следует из рис. 3.5, сначала формируются векторы сопротивлений R и потенциалов U . Затем вводится переменная цикла или управляющая переменная k , принимающая значения от 0 до 6, т.е. на единицу больше количества точек, так как

нулевая точка участвует в построении дважды. По оси x откладывают аргумент R_k по оси y — функцию U_k

Контрольные вопросы

1. Построение графика зависимости с вещественным аргументом.
2. Построение волновых диаграмм с использованием оператора векторизации.
3. Построение потенциальных диаграмм
4. Какие способы форматирования графиков вы знаете?
5. Как выделить узловые точки графика?
6. Как изменить диапазон графика?
7. Как задать несколько аргументов функции на графике?
8. Как построить несколько графиков функций на одном рисунке?
9. Как построить график поверхности?

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме:

1. Берлинер, Э. М. САПР в машиностроении : учебник для вузов / Э. М. Берлинер, О. В. Таратынов. – Москва : Форум, 2014. – 448 с.
2. Афанасьева, Н. Ю. Вычислительные и экспериментальные методы научного эксперимента : [учеб. пособие*]. – М. : КНОРУС, 2013. – 330 с.
3. Хлебников, А. А. Информационные технологии : учебник / А. А. Хлебников. – М. : КноРус, 2014. – 472 с.
4. MATHCAD 14: Основные сервисы и технологии Пожарская Г. И., Назаров Д. М. Издатель: Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016

Лабораторная работа 12. Построение векторных диаграмм

Цель работы:

Научиться изменять текущие уровни черчения, создавать и настраивать пользовательские системы координат.

Теоретическая часть.

Все координаты точек при вводе и выводе определяются от начала текущей UCS (ПСК). Плоские рисунки выполняются в плоскости, параллельной или совпадающей с плоскостью XY текущей системы координат. Изменить положение текущей ПСК или создать новую можно с помощью группы команд, находящейся в меню «Инструменты».

Если для точки, расположенной в пространстве, указываются только координаты X и Y , то координата Z этой точки принимается равной тому значению, которое установлено командой `ELEV` (Уровень). Это значение координаты Z называется уровнем и не изменяется при переходе к другой пользовательской системе координат.

Управление назначением координаты Z вновь создаваемым объектам при привязке к точкам плоских, уже построенных объектов выполняется при помощи системной переменной `OSNAPZ`, которая принимает значение 0 или 1.

Если `OSNAPZ = 0`, то в качестве координаты Z используется координата той точки, к которой производится привязка при построении объекта.

Если же присвоить **OSNAPZ** — 1, то в качестве координаты Z используется значение уровня, заданного командой ELEV (УРОВЕНЬ).

Уровень используется для черчения над или под плоскостью XY и позволяет задавать различные значения координате Z, в которой вычерчивается основание трехмерного объекта. Для вновь создаваемых объектов уровень устанавливается командой ELEV (УРОВЕНЬ), которая вводится с клавиатуры. Этой же командой можно придать плоским объектом и высоту **Thickness** (Высота).

Придание плоским объектам высоты позволяет создавать разнообразные поверхности с толщиной, равной толщине исходного объекта. Операция придания высоты плоскому объекту называется *выдавливанием*. При выдавливании строится поверхность, соответствующая контуру плоского объекта. Для выдавливания твердых тел из плоских объектов необходимо воспользоваться командой выдавливания, о которой речь пойдет позже.

Уже вычерченным объектам уровень **Elevation** (Уровень) и высоту **Thickness** (Высота) можно задавать на палитре свойств объекта **Properties** (Свойства).

Оборудование и материалы.

Персональный компьютер, программа MathCAD.

Указания по технике безопасности:

Соответствуют технике безопасности по работе с компьютерной техникой.

Задания

Рассмотрим построение векторных диаграмм. Пусть в результате расчета трехфазной цепи получены значения токов в фазах a, b и c:

$$\dot{I}_a = 3 + 3j, \dot{I}_b = -1 - 4j, \dot{I}_c = -4 + j.$$

Требуется построить векторную диаграмму токов. Укажем для каждого вектора начальную и конечную точки. Начальной точкой для всех векторов будет нулевая точка, а конечной точкой — значение комплексного числа, соответствующего значению тока. Таким образом, нужно провести прямые линии между точками с координатами

$$0 - \dot{I}_a, 0 - \dot{I}_b, 0 - \dot{I}_c.$$

Следовательно, нужно сформировать вектор (одномерный массив) токов

$$[0 \ \dot{I}_a \ 0 \ \dot{I}_b \ 0 \ \dot{I}_c],$$

ввести управляющую переменную k:=0..5 (для шести точек, начиная с нуля) и на графике откладывать по оси x мнимые значения токов $\text{Im}[I_k]$, а по оси y — действительные (реальные) значения токов $\text{Re}[I_k]$, как это принято в трехфазных системах. Построение векторной диаграммы токов приведено на рис. 3.6.

Стрелки у векторов и символьные обозначения тока на рис. 3.6 поставлены в графическом редакторе Paint вручную.



Рис. 3.6. Построение векторных диаграмм для симметричной трехфазной цепи

Сам MATHCAD стрелки не ставит. На этом же рисунке показана сумма векторов

$$[\dot{I}_a + \dot{I}_b + \dot{I}_c],$$

которая, как видно из построения, равна нулю. Подобным же образом можно построить и векторные диаграммы напряжений, записывая в матрице не токи, а напряжения.

Контрольные вопросы

1. Построение векторных диаграмм для симметричной трехфазной цепи.
2. Какие способы форматирования графиков вы знаете?
3. Как выделить узловые точки графика?
4. Как изменить диапазон графика?
5. Как задать несколько аргументов функции на графике?
6. Как построить несколько графиков функций на одном рисунке?
7. Как построить график поверхности?

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме:

1. Берлинер, Э. М. САПР в машиностроении : учебник для вузов / Э. М. Берлинер, О. В. Таратынов. – Москва : Форум, 2014. – 448 с.
2. Афанасьева, Н. Ю. Вычислительные и экспериментальные методы научного эксперимента : [учеб. пособие*]. – М. : КНОРУС, 2013. – 330 с.

3. Хлебников, А. А. Информационные технологии : учебник / А. А. Хлебников. – М. : КноРус, 2014. – 472 с.
4. MATHCAD 14: Основные сервисы и технологии Пожарская Г. И., Назаров Д. М. Издатель: Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016

Лабораторная работа 13. Функции с условием

Цель работы:

Изучить применение функций с условием.

Теоретическая часть.

Каркасные модели – это двумерные объекты, помещенные в пространство. Они состоят из точек, отрезков и кривых. Чтобы каркасная модель стала полноценной пространственной моделью, на нее нужно натянуть поверхности командами создания поверхностей.

Оборудование и материалы.

Персональный компьютер, программа MathCAD.

Указания по технике безопасности:

Соответствуют технике безопасности по работе с компьютерной техникой.

Задания

Рассмотрим некоторые функции с условием, т.е. функции, результат которых зависит от выполнения или невыполнения какого-либо заданного условия. Эти функции записываются так:

if (условие, выражение 1, выражение 2).

Если условие, записанное в скобках, выполняется, то функция принимает значение, равное выражению 1, если же условие не выполняется, то функция принимает значение, равное выражению 2. Применение функции if для построения кривой выпрямленного напряжения при однополупериодном и двухполупериодном выпрямлении приведено на рис. 3.7.

until (выражение 1, выражение 2) — выполняет итерации и возвращает значение выражения 2, если выражение 1 больше или равно нулю, иначе прекращаются итерация и вычисления выражения 1.

$\Phi(a')$ — функция Хевисайда, принимает значение 1, если x равно нулю или положительное, и 0 в противном случае. Заглавная греческая буква Φ вводится с помощью греческих символов опции Математика или следующим образом. Сначала введите заглавную латинскую букву F (римский эквивалент), а затем нажмите [Ctrl]+[G] (перевод в греческий алфавит).

sign(x) — функция знака, принимает значение 1, если $x > 0$ и значение -1, если $x < 0$, и значение 0, если $x = 0$. Пример использования двух последних функций показан на рис. 3.8.

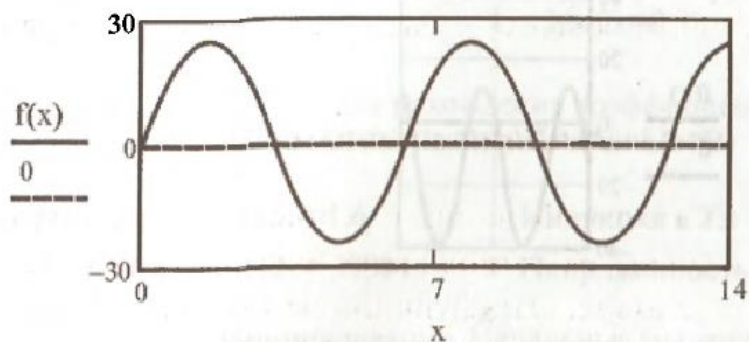
Полезными оказываются также следующие функции для решения уравнений:

root (выражение, имя переменной) — ищет значение переменной, при котором выражение становится равным нулю. Поиск корня осуществляется итерационным методом, причем перед этим задается начальное значение искомой переменной.

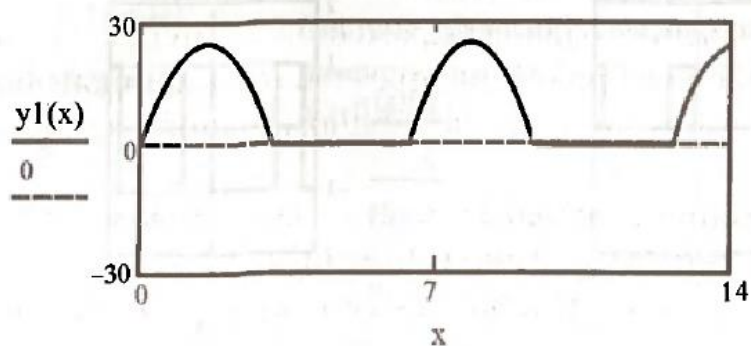
Применение функции if

$x := 0, 0.02.. 20$

$$f(x) := 25 \cdot \sin(x)$$



$$y1(x) := \text{if}(f(x) > 0, f(x), 0) \quad \text{Однополупериодное выпрямление}$$



$$y2(x) := \text{if}(f(x) > 0, f(x), -f(x)) \quad \text{Двухполупериодное выпрямление}$$

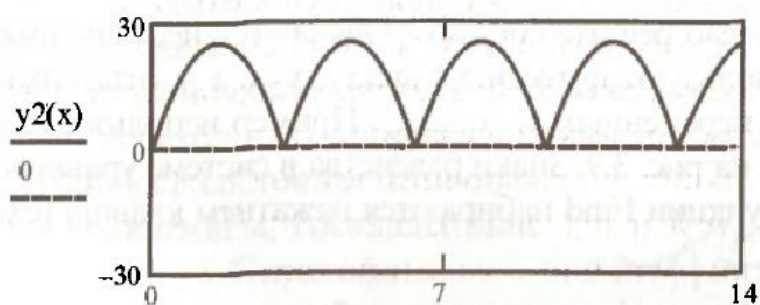
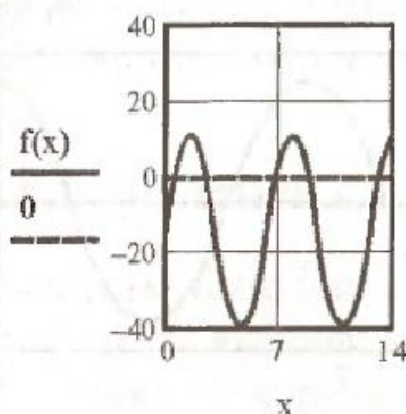


Рис. 3.7. Применение функции с условием для построения кривой выпрямленного напряжения

Применение функции Хевисайда $\Phi(x)$ и функции знака $\text{sign}(x)$

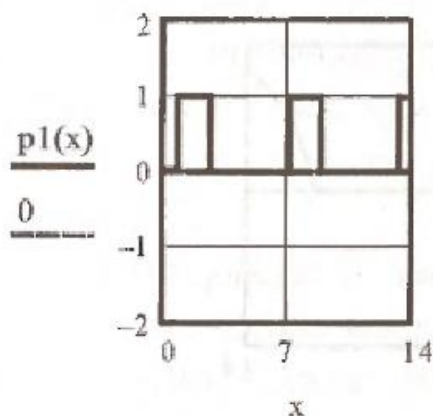
$x := 0, 0.02.. 20$

$$f(x) := 25 \cdot \sin(x) - 15$$



Функция Хевисайда

$$p1 := \Phi(f(x))$$



Функция знака

$$p2(x) := \text{sign}(f(x))$$

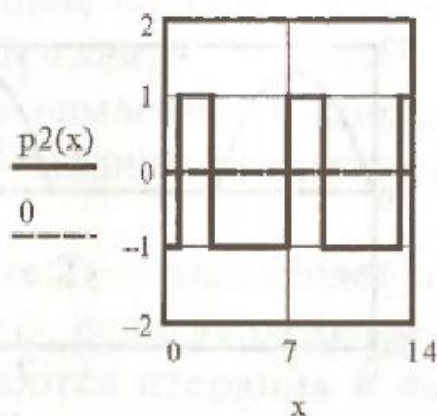


Рис. 3.8. Применение функции Хевисайда и функции знака

Если необходимо решить систему уравнений с несколькими неизвестными, то используют

функцию **Find**($x_1, x_2, \dots, x_n$),

отыскивающую точное значение переменных $x_1, x_2, \dots, x_n$. Пример использования этих функций показан на рис. 3.9. Знаки равенства в системе уравнений при использовании функции Find набираются нажатием клавиш [Ctrl]+[=].

Применение функции root для решения уравнения

$x := 0.1$ Начальное значение искомой переменной

$\text{root}\left(\frac{1}{x} - 2 \cdot x, x\right) = 0.707$ Определили корень уравнения $1/x - 2x = 0$

Применение функции Find для нахождения коэффициентов аппроксимации кривой намагничивания $H = a \cdot \sinh(b \cdot B)$

Дано: $B1 := 0.8$ $B2 := 1.6$ Индукция в Тл
 $H1 := 400$ $H2 := 3900$ Напряженность в А/м

$a := 1$ $b := 1$ Инициализация. Начальные значения a и b

Given Ключевое слово. Начало блока решения

$a \cdot \sinh(b \cdot B1) = H1$ Система уравнений. Жирный знак равенства набирается нажатием клавиш [Ctrl] + [=]

$a \cdot \sinh(b \cdot B2) = H2$

$a > 0$ $b > 0$

$\text{Find}(a, b) = \begin{pmatrix} 83.834 \\ 2.833 \end{pmatrix}$ Find — функция, находящая точное решение искомых неизвестных a и b

Рис. 3.9. Решение уравнений с применением функций root и find

Контрольные вопросы

1. Применение функции с условием для построения кривой выпрямленного напряжения.
2. Применение функции Хевисайда и функции знака.

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме:

1. Берлинер, Э. М. САПР в машиностроении : учебник для вузов / Э. М. Берлинер, О. В. Таратынов. – Москва : Форум, 2014. – 448 с.
2. Афанасьева, Н. Ю. Вычислительные и экспериментальные методы научного эксперимента : [учеб. пособие*]. – М. : КНОРУС, 2013. – 330 с.
3. Хлебников, А. А. Информационные технологии : учебник / А. А. Хлебников. – М. : КноРус, 2014. – 472 с.
4. МATHCAD 14: Основные сервисы и технологии Пожарская Г. И., Назаров Д. М. Издатель: Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016

Лабораторная работа 14. Решение системы обыкновенных дифференциальных уравнений

Цель работы:

Изучить особенности построения поверхностных моделей различными методами.

Теоретическая часть.

Каркасные модели – это двумерные объекты, помещенные в пространство. Они состоят из точек, отрезков и кривых. Чтобы каркасная модель стала полноценной пространственной моделью, на нее нужно натянуть поверхности командами создания поверхностей.

При моделировании пространственных объектов поверхностями создаются не только ребра, но и грани объектов. Сами поверхности в свою очередь моделируются плоскими треугольными и четырехугольными мозаичными кусочками, образуя структуру, называемую сетью.

Оборудование и материалы.

Персональный компьютер, программа MathCAD.

Указания по технике безопасности:

Соответствуют технике безопасности по работе с компьютерной техникой.

Задания

Рассмотрим сначала, как решается дифференциальное уравнение первого порядка. На рис. 3.10 приведена электрическая цепь, содержащая последовательно соединенные индуктивную катушку L и резистор R .

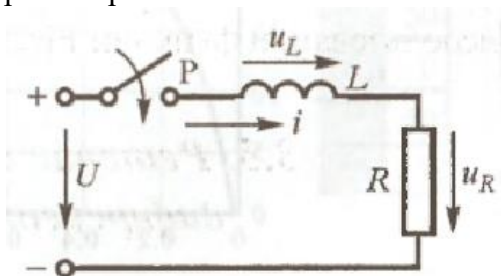


Рис. 3.10. Включение цепи R , L на постоянное напряжение

Замыканием рубильника P цепь подключается к источнику постоянного напряжения U и по цепи начинает протекать ток i . В цепи возникает переходный процесс. Требуется определить ток переходного процесса i . Известно, что после замыкания рубильника P состояние цепи описывается уравнением, составленным по второму закону Кирхгофа:

$$u_L + u_R = U \quad \text{или} \quad L \frac{di}{dt} + Ri = U.$$

Таким образом, нахождение тока i сведется к решению дифференциального уравнения первого порядка.

Покажем интегрирование дифференциального уравнения, записанного в форме Коши

$$\frac{di}{dt} = \frac{U - Ri}{L},$$

численным методом Эйлера первого порядка (простым методом Эйлера). Рекуррентная формула численного интегрирования дифференциального уравнения запишется:

$$i_{k+1} = i_k + \left(\frac{di}{dt} \right) \cdot \Delta t.$$

Согласно этой формуле интегрирование производится с шагом Δt и значение функции на шаге $k+1$ находится по известному значению функции на шаге k и приращению ее на данном шаге. Сказанное иллюстрирует рис. 3.11. Постоянная времени цепи

$$\tau = L/R = 0,2 \text{ с.}$$

Расчет переходного процесса методом Эйлера в линейной цепи R, L при подключении ее к источнику постоянного напряжения

Дано: $U := 100 \text{ В}$, $R := 4 \text{ Ом}$, $L := 0.8 \text{ Гн}$

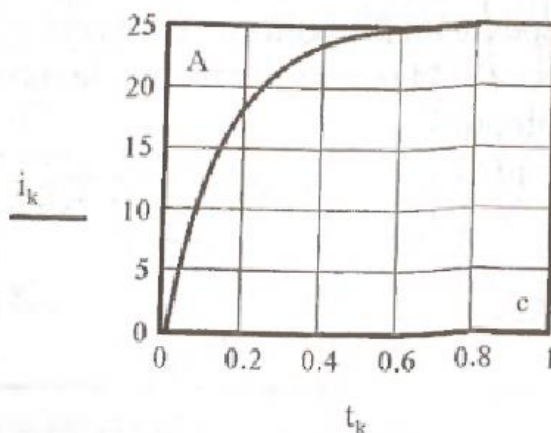
Начальное значение тока по первому закону коммутации $i_0 := 0$

$k := 0..9$ Индексная переменная

$dt := 0.1$ $t_k := k \cdot dt$ Шаг интегрирования и текущее время

Рекуррентная формула численного интегрирования

$$i_{k+1} := i_k + \frac{U - R \cdot i_k}{L} \cdot dt$$



	0
0	0
1	12.5
2	18.75
3	21.875
4	23.438
5	24.219
6	24.609
7	24.805
8	24.902
9	24.951
10	24.976

Рис. 3.11. Расчет переходного процесса в цепи R, L методом Эйлера

Длительность переходного процесса примерно равна $4\tau = 0,8$ с. Время интегрирования выбрано равным $0,9$ с. Начальное значение тока по первому закону коммутации принято равным нулю.

Метод Эйлера прост, но для получения приемлемой точности шаг интегрирования должен быть относительно небольшим. Чем меньше шаг, тем больше точность. При большом шаге интегрирования процесс может оказаться неустойчивым. Введите, например, шаг = $0,4$ с, и Вы увидите, что процесс не приходит к установившемуся току (рис. 3.12).

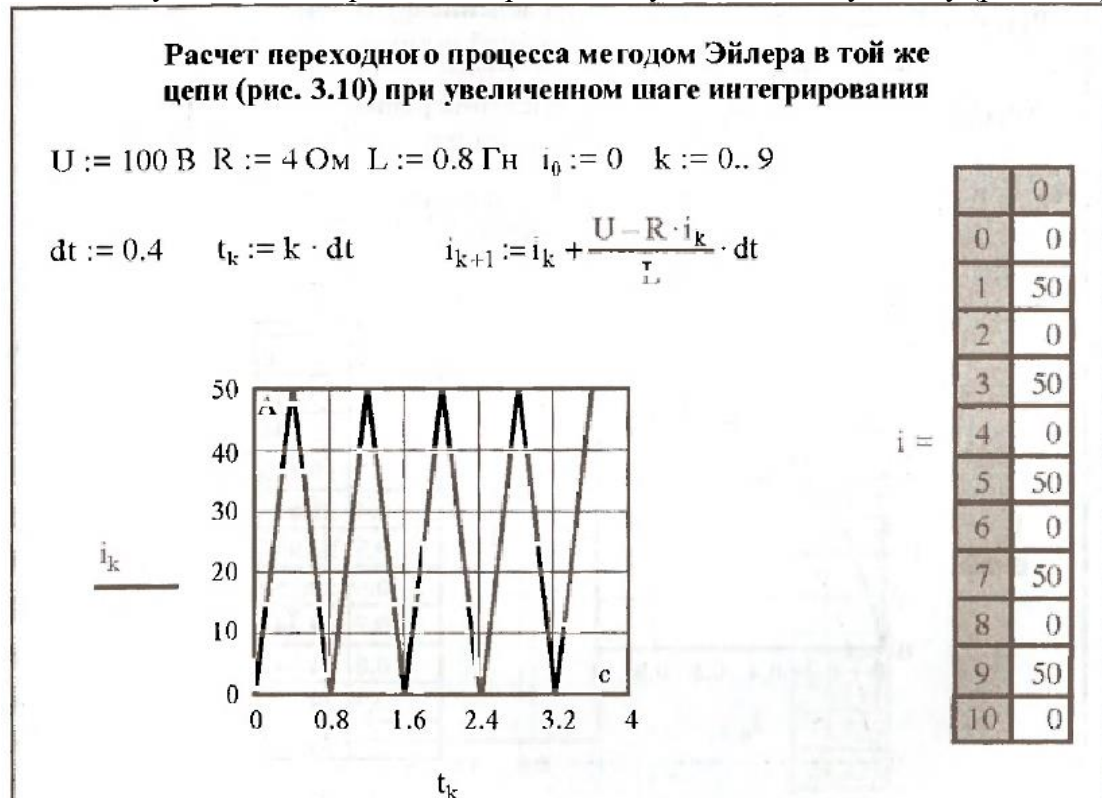


Рис. 3.12. Неустойчивый процесс при увеличении шага интегрирования

Чтобы решение получилось более точным, применяют модифицированный метод Эйлера, когда находят значение производной не только в начале, но и в конце интервала интегрирования (шага интегрирования), и берут среднее значение производной на интервале.

Еще более точные результаты дает метод Рунге—Кутта 4-го порядка. МATHCAD содержит набор функций для решения дифференциальных уравнений методом Рунге—Кутта. Рассмотрим, как используется функция `rkfixed` для решения приведенного выше дифференциального уравнения (рис. 3.13). `Rkfixed` — это функция интегрирования дифференциальных уравнений в форме Коши с начальными условиями методом Рунге—Кутта четвертого порядка (`rk`) с фиксированным шагом (`fixed`). В скобках функции перечисляются через запятую: вектор начальных условий, начальная и конечная точки интервала интегрирования, число точек, не считая нулевой точки, и функция первых производных искомых функций.

Расчет переходного процесса в той же цепи (рис. 3.10) методом Рунге—Кутта

$U := 100 \text{ В}, R := 4 \text{ Ом}, L := 0.8 \text{ Гн}$

$i_0 := 0$

$$D(t, i) := \frac{U - R \cdot i}{L}$$

Определение функции, задающей производную тока

$I := \text{rkfixed}(1, 0, .1, 10, D)$

Вычисление решения в 10 точках на отрезке [0-1]

$n := 0..10$

Индексная переменная для построения графика по 10 точкам

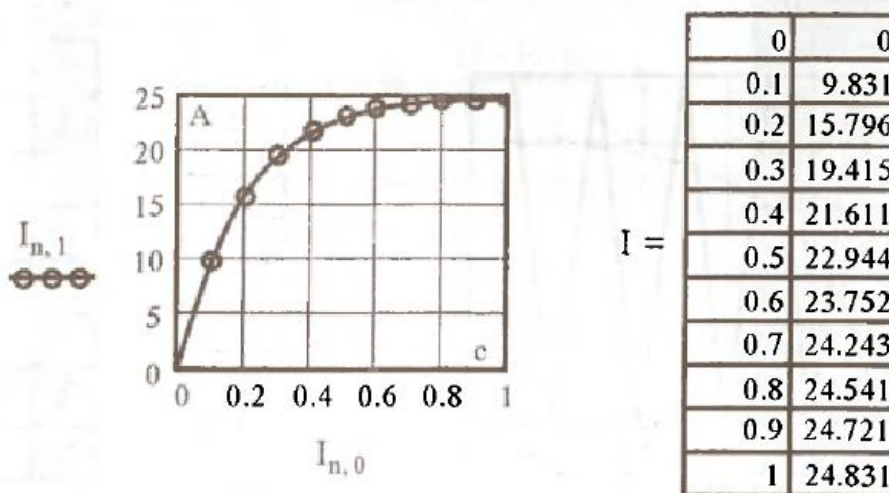


Рис. 3.13. Расчет переходного процесса в цепи R, L методом Рунге—Кутта четвертого порядка с фиксированным шагом интегрирования

В нашем случае речь идет только об одной неизвестной. Для функции первой производной $D(t, i)$ в скобках указывается сначала переменная, по которой берется производная (в нашем случае это t), и через запятую указывается функция, от которой берется производная (в нашем случае это i).

При использовании функции `rkfixed` решение одного дифференциального уравнения получается в виде матрицы I , имеющей два столбца. Первый столбец содержит точки, в которых ищется решение дифференциального уравнения (время t). Второй столбец содержит значения найденного решения (тока i) в заданных точках t . На рис. 3.13 при построении графика $i-i(t)$ по оси абсцисс (по оси x) откладываются значения первого столбца $I_{n,0}$ матрицы I , а по оси ординат (по оси y) откладываются значения второго столбца $I_{n,1}$ матрицы I .

Как видно из рис. 3.13, метод Рунге-Кутта дает более точные результаты. Близкие к ним результаты можно получить, взяв более мелкий шаг в методе Эйлера. Например, на рис. 3.14 шаг интегрирования взят $dt = 0,001 \text{ с}$, это значительно повысило точность расчетов.

Расчет переходного процесса методом Эйлера в той же цепи (рис. 3.10) при малом шаге интегрирования

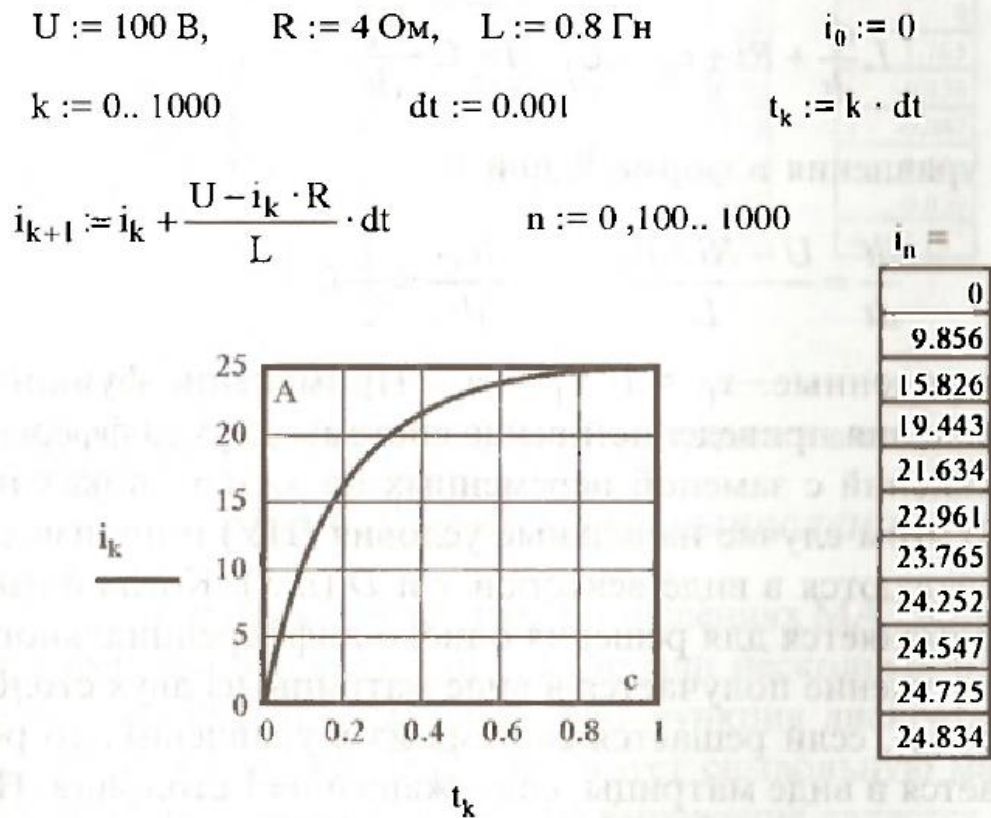


Рис. 3.14. Расчет переходного процесса в цепи R, L методом Эйлера при малом шаге интегрирования

Функция `rkfixed` интегрирует с фиксированным числом шагов. Имеются также функции, которые интегрируют с переменным шагом.

Рассмотрим решение системы дифференциальных уравнений второго порядка на примере включения цепи, содержащей последовательно включенные элементы R, L, C на постоянное напряжение U (рис. 3.15).

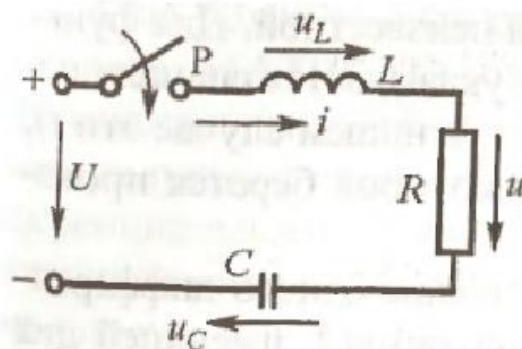


Рис. 3.15. Включение цепи R, L, C на постоянное напряжение

Дано: $U = 100 \text{ В}, R = 18 \text{ Ом}, L = 0,1 \text{ Гн}, C = 200 \text{ мкФ}.$
 Система уравнений для послекоммутационной схемы:

$$u_L + u_R + u_C = U, \quad i = C \frac{du_C}{dt}.$$

Или

$$L \frac{di}{dt} + Ri + u_C = U, \quad i = C \frac{du_C}{dt}.$$

Запишем уравнения в форме Коши:

$$\frac{di}{dt} = \frac{U - Ri - u_C}{L}, \quad \frac{du_C}{dt} = \frac{1}{C} i.$$

Введем переменные

$$x_0 = i, \quad x_1 = u_C.$$

Применение функции `rkfixed` для решения приведенной выше системы двух дифференциальных уравнений с заменой переменных на x_0 и x_1 показано на рис. 3.16.

В этом случае начальные условия (НУ) и производные функций задаются в виде векторов x и $D(t, x)$. Когда функция `rkfixed` применяется для решения одного дифференциального Уравнения, то решение получается в виде матрицы из двух столбцов. В том случае, если решается система из n уравнений, то решение получается в виде матрицы, содержащей $n+1$ столбцов. На рис. 3.16 такая матрица обозначена буквой Z . Первый столбец матрицы соответствует времени, второй — току, а третий — напряжению на конденсаторе.

Решение системы из двух дифференциальных уравнений с помощью функции `rkfixed`

Дано: $U := 100 \text{ В}$ $R := 18 \text{ Ом}$ $L := 0.1 \text{ Гн}$ $C := 200 \cdot 10^{-6}$

Вектор начальных условий (НУ):

$$x := \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Вектор производных:

$$D(t, x) := \begin{bmatrix} \frac{U - (R \cdot x)_0 - x_1}{L} \\ \frac{1}{C} \cdot x_0 \end{bmatrix}$$

$Z := \text{rkfixed}(x, 0, 0.06, 300, D)$ $n := 0..300$

Ток $i_n := Z_{n,1}$

Напряжение $u_n := Z_{n,2}$

Время $t_n := \frac{0.06}{300} \cdot n$

График строится по 300 точкам:

Индекс для вывода 7 точек
 $k := 0, 50..300$

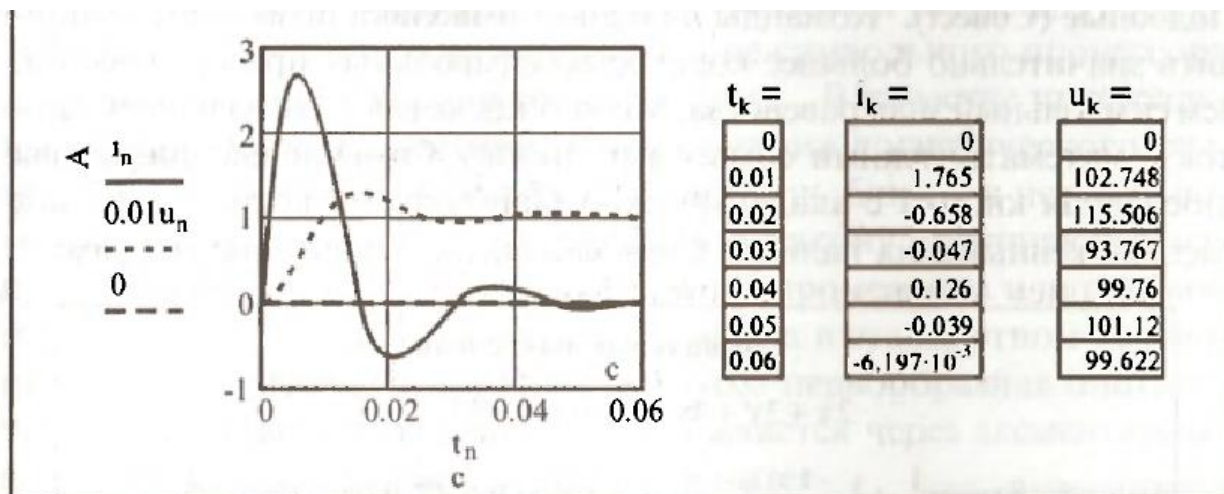


Рис. 3.16. Расчет переходного процесса в цепи R, L, C

Контрольные вопросы

1. Какие методы решения дифференциальных уравнений вы знаете?
2. В чем особенность метода Рунге-Кутты?
3. Решение дифференциального уравнения первого порядка.
4. Расчет переходного процесса методом Эйлера в линейной цепи R, L при подключении ее к источнику постоянного напряжения.
5. Неустойчивый процесс при увеличении шага интегрирования.
6. Расчет переходного процесса в цепи R, L методом Рунге—Кутты четвертого порядка с фиксированным шагом интегрирования.
7. Расчет переходного процесса в цепи R, L методом Эйлера при малом шаге интегрирования.

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме:

1. Берлинер, Э. М. САПР в машиностроении : учебник для вузов / Э. М. Берлинер, О. В. Таратынов. – Москва : Форум, 2014. – 448 с.
2. Афанасьева, Н. Ю. Вычислительные и экспериментальные методы научного эксперимента : [учеб. пособие*]. – М. : КНОРУС, 2013. – 330 с.
3. Хлебников, А. А. Информационные технологии : учебник / А. А. Хлебников. – М. : КноРус, 2014. – 472 с.
4. МATHCAD 14: Основные сервисы и технологии Пожарская Г. И., Назаров Д. М. Издатель: Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016

Лабораторная работа 15. Взаимодействие пользователя с AutoCAD.

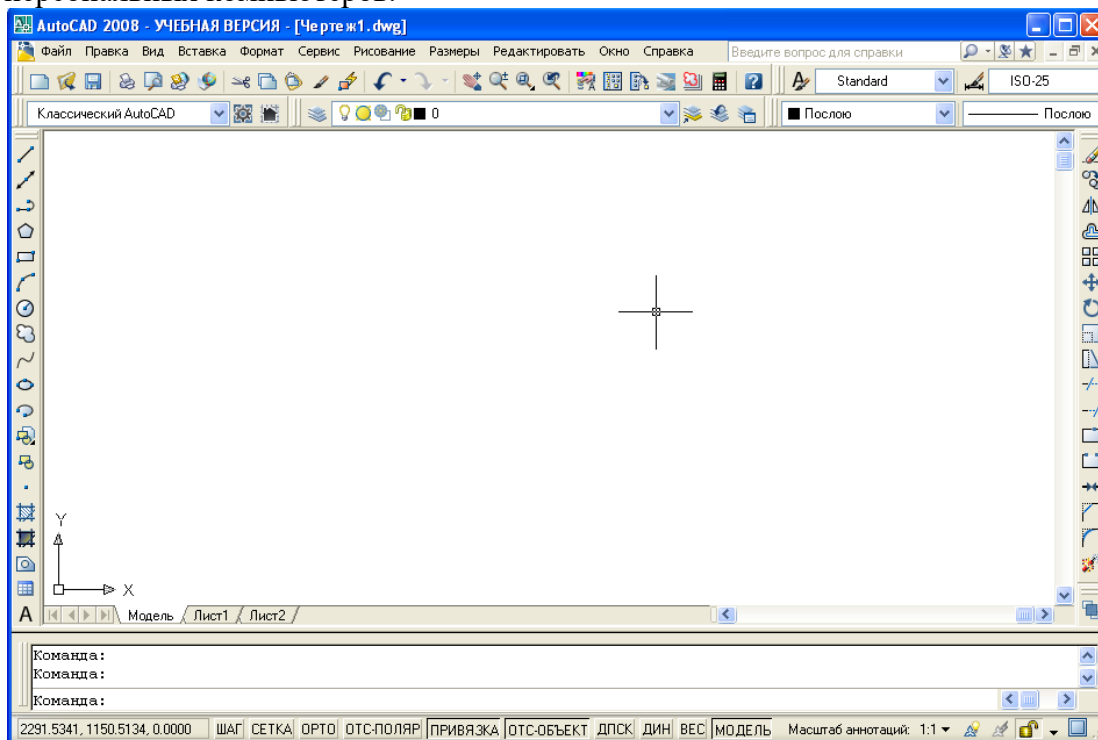
Цель работы:

Изучить интерфейс программы AutoCAD, научиться вводить координаты разными методами, изучить методы построения примитивов на чертеже.

Теоретическая часть.

Системы автоматизированного проектирования (САПР) обеспечивают максимальную точность выполнения чертежей и экономят время за счёт автоматизации многих рутинных операций. Более того, создаваемые с их помощью результаты можно передавать по технологической цепочке дальше для выполнения последующих производственных операций.

Лидером среди систем автоматизированного проектирования считается AutoCAD. Программа появилась на рынке в 1982 г. и стала одной из первых таких систем для персональных компьютеров.



Центральная область окна называется **графической** или **рабочей областью**. В ней отображаются объекты (отрезки, окружности и др.), из которых состоит чертёж. Курсор в ней имеет форму крестика. В левом нижнем углу графической области располагается значок системы координат.

Нижняя часть окна AutoCAD содержит **область командных строк**, которая по умолчанию состоит из трёх строк. В них появляется любая введённая команда или приглашение AutoCAD. Командная строка отображается всегда, в ней представлено текущее состояние процесса черчения.

AutoCAD предоставляет пользователю несколько панелей для создания, редактирования объектов, управления файлами и т.д.

В верхней части экрана находится **стандартная панель**. Часть из её кнопок похожа на стандартные для Windows-приложений (New, Open, Save, Print и т.д.), а некоторые характерны только для AutoCAD.

Под стандартной панелью находится **панель свойств**, предназначенная для работы с такими свойствами объектов, как цвет, тип линии и т.д.

По умолчанию слева также отображаются панели инструментов *Draw* (Рисование) и *Modify* (Редактирование).

Использование некоторых клавиш в AutoCAD отличается от других приложений:

○ <Esc> - нажатие клавиши приводит к отмене команды, закрытию меню или диалогового окна либо прерыванию процесса обработки чертежа или штриховки.

○ Пробел – нажатие клавиши пробела аналогично нажатию <Enter> или правой кнопки мыши. Пробел при активизации этой клавиши создаётся только при вводе текста на чертеже.

○ <Enter> - если эта клавиша или Пробел нажаты в тот момент, когда не выполняется ни одна команда (на экране отображается приглашение *Command:*), то повторяется последняя выполненная команда.

Для вызова команды AutoCAD можно пользоваться следующими методами:

- выполнить щелчок на кнопке инструмента;
- открыть меню и выбрать в нём команду щелчком мыши;
- выбрать команду в экранном (боковом) меню, если оно отображается;
- ввести с клавиатуры имя команды, её псевдоним (одно- или двухбуквенное сокращение её названия) или воспользоваться клавишами-ускорителями (Ctrl + соответствующая буква).

Оборудование и материалы.

Персональный компьютер, программа AutoCAD.

Указания по технике безопасности:

Соответствуют технике безопасности по работе с компьютерной техникой.

Задания

1. Настроим область черчения. Включите отображение сетки, нажав кнопку СЕТКА в строке состояния в нижней части окна. Вы видите, что чертеж отображается в очень маленьком масштабе. Для того, чтобы границы чертежа увеличились во всю рабочую область, нужно в меню «Вид» выбрать «Зуммирование» - «Все».

Для вызова команд в AutoCAD можно использовать следующие методы:

- выполнить щелчок на кнопке инструмента;
- открыть меню и выбрать в нём команду щелчком мыши;
- ввести с клавиатуры имя команды или её псевдоним (одно- и двухбуквенное сокращение её названия);

Начертим несколько линий и на их примере продемонстрируем различные методы ввода команд.

1. Запустите AutoCAD.
2. Введите в командной строке *ОТРЕЗОК* и нажмите <Enter>. После этого появится такой диалог (следуйте указаниям в скобках):

Команда: отрезок

Первая точка:

(Выберите мышью любую точку; появится «резиновая» линия)

Следующая точка или [Отменить]:

(Выберите любую точку; появится ещё одна «резиновая» линия)

Следующая точка или [Отменить]:

(Нажмите <Enter> для завершения команды)

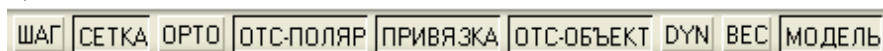
3. Откройте меню **Рисование** и выберите в нём команду **Отрезок**. После этого действуйте так, как описано в диалогах предыдущих пунктов.
4. Выберите кнопку **Отрезок** из панели инструментов **Рисование** и выполните те же действия, что и в диалогах к пункту 2 или 3.

Панель координат и строка состояния.

В нижнем левом углу экрана AutoCAD находится панель координат, где выводится информация о текущей позиции курсора в одном из двух форматов: абсолютные координаты (X, Y, Z) или длина и угол наклона «резиновой» линии, проведённой от последней заданной точки.

1. Поместите указатель в область черчения и начните его перемещать. Вы увидите, что значения, отображаемые в панели координат, изменяются.
2. Выполните щелчок в панели координат. Она отключится, и значения в ней изменяться не будут. Чтобы включить панель координат, щёлкните на ней ещё раз.
3. Вызовите команду **Отрезок** с помощью панели инструментов и в произвольном месте чертежа укажите первую точку линии.
4. Переместите указатель мыши и взгляните на панель координат. Теперь в ней отображаются значения, соответствующие длине и углу наклона «резиновой» линии, проведённой от последней заданной точки.
5. Отмените команду, нажав клавишу <Esc>.

В нижней части окна, справа от панели координат, располагается строка состояния. Она содержит кнопки, представляющие текущее состояние режимов привязки и черчения, что облегчает процесс черчения при использовании мыши. Эти режимы можно включать и отключать щелчком мыши.



6. Выполните щелчок мышью на кнопке ШАГ. После этого в графической области появится сетка. В данном случае будет использован шаг сетки, заданный по умолчанию.
7. Повторным щелчком мыши на кнопке ШАГ отключите режим отображения сетки. Режим ОРТО используется для того, чтобы отрезки при черчении автоматически располагались горизонтально или вертикально.
8. Включите режим ОРТО. Вызовите команду **Отрезок** и начертите несколько отрезков, чтобы увидеть, как работает этот режим. По завершении черчения отключите его.

2. Черчение объектов и ввод координат

Задание: Построить отрезок, который располагается строго горизонтально, начинается в точке с координатами (10; 10) и имеет длину 150 мм.

Задания:

1. Начните новый чертёж.
2. Одним из следующих методов вызовите команду *Отрезок*.

После этого в командной строке появится диалог:

Команда: _line Первая точка:

3. В ответ на это приглашение можно применить любой из поддерживаемых AutoCAD методов ввода координат и указать первую точку отрезка. Мы воспользуемся абсолютными координатами.

Введите в командной строке значения 10,10 и нажмите клавишу <Enter>. Теперь в командной строке вы увидите следующее:

Следующая точка или [Отменить]:

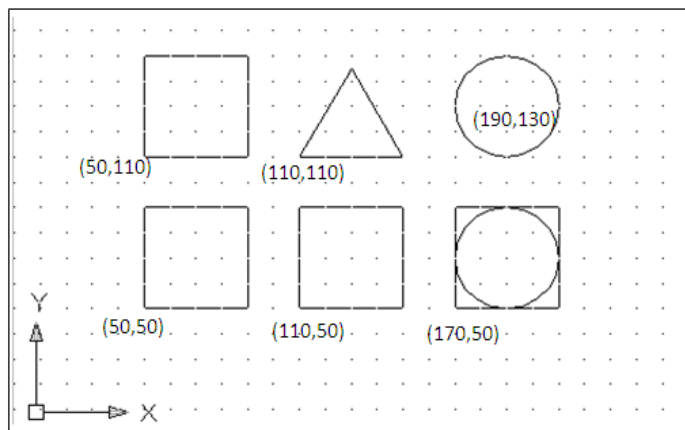
4. Вторую точку для горизонтального отрезка определённой длины (150 мм) задайте одним из следующих способов:
 - используя абсолютные координаты – введите в командную строку 160,10 и нажмите <Enter>;
 - используя относительные прямоугольные координаты – введите в командной строке @150,0 и нажмите <Enter>.

После этого можно продолжить черчение и нарисовать ломаную линию либо выйти из команды, нажав <Enter>.

5. Закройте чертёж, не сохраняя его.

Использование различных методов ввода координат

Для эффективной работы важно уметь правильно выбрать наиболее приемлемый в конкретной ситуации метод ввода координат объекта. Освоим разные методы на простом примере. По завершении работы у вас должен получиться следующий чертёж:



Создайте для упражнения новый чертёж и сохраните его под именем «Занятие 2».

Сначала нарисуем квадрат с длиной стороны 40 единиц (нижний слева). Его левый нижний угол должен располагаться в точке (50, 50). Используем интерактивный метод задания координат.

1. Включите режимы ШАГ (SNAP), СЕТКА (GRID) и ОРТО (ORTO), нажав соответствующие кнопки в строке состояния.

2. Вызовите команду **ОТРЕЗОК** (Line) из панели инструментов. Позиционируйте указатель мыши в точке (50, 50) и выполните щелчок. Затем последовательно щёлкните мышью в точках (50, 90), (90,90) и (90, 50), введите в командной строке опцию **c**, чтобы замкнуть ломаную, и нажмите пробел или <Enter>. (Проверяйте значения с помощью панели координат.)

Теперь начертим квадрат с длиной стороны 40 единиц, который будет расположен правее предыдущего. Левый нижний угол этого квадрата находится в точке (110, 50). Используем абсолютный метод задания координат. Он применяется, когда в ответ на приглашение командной строки можно указать точные координаты расположения объекта.

3. Вызовите команду **ОТРЕЗОК** из панели инструментов и введите в командной строке данные, указанные ниже (не забывайте подтверждать ввод нажатием клавиши пробела или <Enter>):

Команда: ОТРЕЗОК

Первая точка: 110,50

Следующая точка или [Отменить]: 110,90

Следующая точка или [Отменить]: 150,90

Следующая точка или [Отменить]: 150,50

Следующая точка или [Замкнуть/Отменить]: c

Третий квадрат (над первым) начертим, используя метод относительных прямоугольных координат. Он отличается от метода ввода абсолютных координат тем, что координаты X и Y задаются относительно последней точки, а не начала координат. Этот метод используется, когда не известны значения абсолютных координат, но вы знаете расстояние по осям X и Y от последней заданной точки.

4. Вызовите команду **Отрезок** из панели инструментов и введите в командной строке данные, указанные ниже (не забывайте подтверждать ввод нажатием клавиши пробела или <Enter>):

Команда: ОТРЕЗОК

Первая точка: 50,110

Следующая точка или [Отменить]: @0,40

Следующая точка или [Отменить]: @40,0

Следующая точка или [Отменить]: @0,-40

Следующая точка или [Замкнуть/Отменить]: 3

Четвёртый квадрат (внизу справа) нарисует с использованием метода задания направления/расстояния. Он представляет собой комбинацию двух методов – ввода относительных полярных координат и интерактивного, поскольку значение расстояния (от последней точки) вводится в командную строку с клавиатуры, а направление (угол) указывается перемещением курсора от последней точки.

5. Отключите режим ШАГ. Вызовите команду **ОТРЕЗОК** из панели инструментов и действуйте согласно приведённому ниже описанию:

Команда: ОТРЕЗОК

Первая точка: 170,50

Следующая точка или [Отменить]:

(Направьте указатель мыши вверх и введите значение 40)

Следующая точка или [Отменить]:

(Направьте указатель мыши вправо и введите значение 40)

Следующая точка или [Замкнуть/Отменить]:

(Направьте указатель мыши вниз введите значение 40)

Следующая точка или [Замкнуть/Отменить]: 3

Равносторонний треугольник чертим с использованием метода относительных полярных координат. Этот метод применяется, если необходимо нарисовать отрезок или указать точку, которые располагаются под определённым (точно заданным) углом относительно последней точки. Например, запись @2<45 означает «на расстоянии 2 единиц от последней точки под углом 45 градусов».

6. Отключите режимы ШАГ и ОРТО. Вызовите команду **Отрезок** из панели инструментов и введите в командной строке данные, указанные ниже:

Команда: ОТРЕЗОК

Первая точка: 110,110

Следующая точка или [Отменить]: @40<60

Следующая точка или [Отменить]: @40<-60

Следующая точка или [Замкнуть/Отменить]: 3

Команда:

Теперь построим две окружности радиусом 20 единиц. При этом будем задавать центр и радиус окружности. Первую начертим с использованием интерактивного метода задания координат, а вторую – комбинируя несколько методов.

7. Включите режим ШАГ. Вызовите команду Круг из панели. Укажите мышью центр и радиус окружности:

Команда: circle

Центр круга или [3Т/2Т/ККР(кас кас радиус)]:

(Щёлкните мышью в точке 190,130)

Радиус круга или [Диаметр]:

(Перемещая мышь, выберите нужный размер и зафиксируйте его щелчком мышь)

Команда:

8. Вторая окружность должна располагаться на 60 единиц ниже первой. Вызовите команду Круг (Circle) и действуйте согласно описанию:

Команда: circle

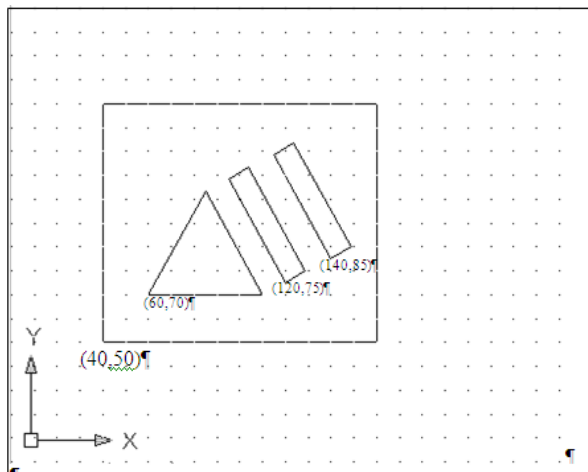
Центр круга или [3Т/2Т/ККР(кас кас радиус)]: 190,70

Радиус круга или [Диаметр]: 20

9. Сохраните чертёж.

3. Полярная привязка и полярное слежение

В этом упражнении мы разработаем чертёж штампованной пластины:



Создайте новый чертёж с метрическими установками по умолчанию и сохраните его под именем «Задание 5».

Сначала создадим равносторонний треугольник. Для упрощения процесса построения используем режим полярного слежения в комбинации с методом задания направления/расстояния.

1. Установите параметры режима. Они задаются на вкладке **Отслеживание** диалогового окна **Режимы рисования**. Откройте это окно, воспользовавшись следующим способом:

○ щелкните правой кнопкой мыши на кнопке **ОТС-ПОЛЯР** в строке состояния и выберите команду **Настройка** в контекстном меню;

2. Перейдите на вкладку **Отслеживание** окна **Режимы рисования** и в поле **Шаг углов** выберите значение приращения угла 30.0.

Проверьте строку состояния: режим ОТС-ПОЛЯР должен быть включен (кнопка в нажатом состоянии), а режимы ШАГ, ОРТО, ПРИВЯЗКА и ОТС-ОБЪЕКТ – выключены. При желании можете использовать режим СЕТКА.

3. Вызовите команду **ОТРЕЗОК**. Начните чертить в точке с координатами (60,70), используя метод ввода абсолютных координат. Каждая сторона треугольника равна 50 мм, поэтому введите это значение в командную строку после задания с помощью курсора мыши направления для каждой из сторон. Сохраните чертёж, не закрывайте его.

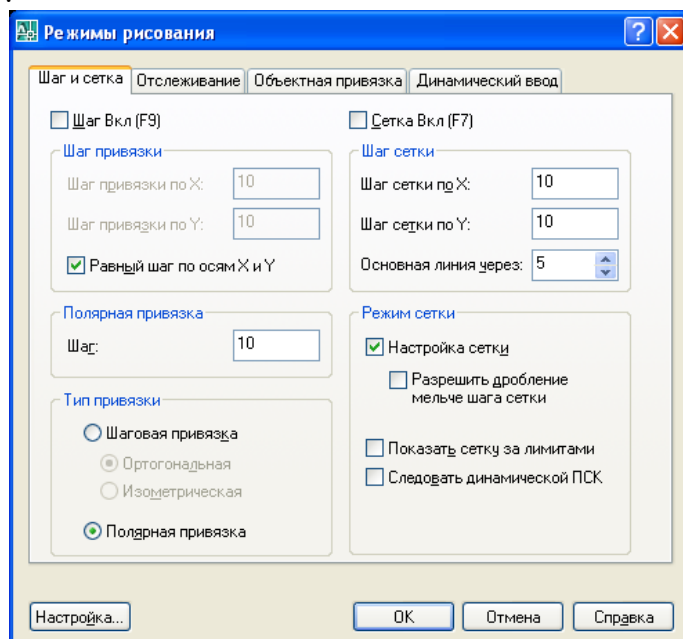
На следующем этапе нарисуйте внешние границы пластины, имеющей форму прямоугольника размером 120×100 единиц. Его можно построить с помощью отрезков, расположенных через равные интервалы, поэтому целесообразно использовать режим привязки к сетке **Шаговая привязка**.

4. Щёлкните правой кнопкой мыши на кнопке ШАГ в строке состояния и выберите команду **Шаговая привязка вкл.** из контекстного меню. Проследите за тем, чтобы включены были только режимы ШАГ и ОТС-ПОЛЯР.

5. Вызовите команду **ОТРЕЗОК** и постройте прямоугольник. Начертите линию в точке с координатами (40,50), задав абсолютные координаты. Затем можете использовать интерактивный метод, поскольку включен режим привязки.

Два внутренних прямоугольника постройте с использованием режима *ОТС-ПОЛЯР* в комбинации с режимом **Полярная привязка**. В то время как в режиме *ОТС-ПОЛЯР* осуществляется привязка «резиновой» линии с угловыми приращениями, режим **Полярная привязка** позволяет строить отрезки с заданными приращениями расстояния. Если вы, например, зададите приращение расстояния, равное 2 единицам, то можно строить отрезки с интервалами 2, 4, 6, 8 и т.д. Таким образом, совместное использование этих двух режимов даёт возможность строить отрезки с заданными угловыми и линейными интервалами.

6. Щелкните правой кнопкой мыши на кнопке ШАГ в строке состояния и выберите команду Настройка в контекстном меню. В диалоговом окне Режимы рисования откройте вкладку Шаг и сетка (см. рис.). Выберите полярный тип привязки, активизировав переключатель Полярная привязка, и убедитесь, что значение интервала в поле Шаг равно 10. Проследите за тем, чтобы в строке состояния были включены только режимы ШАГ и ОТС-ПОЛЯР.



7. С помощью команды **ОТРЕЗОК** создайте два прямоугольника 50x10 (параллельных стороне треугольника). Укажите начальные точки для каждого прямоугольника методом задания абсолютных координат (координаты (120,75) и (140,85)). Затем стройте прямоугольники интерактивным методом, используя подсказки режима привязки.

8. По завершении работы сохраните чертёж.

Помните, что в любой момент времени может быть активен только один из режимов привязки: либо Полярная привязка, либо Шаговая привязка. Включите какой-либо из этих режимов на вкладке *Шаг и Сетка* диалогового окна Режимы рисования путём активизации переключателя Шаговая привязка или Полярная привязка.

Примечание: Существует и другой способ режима привязки: щёлкните правой кнопкой мыши на кнопке SNAP в строке состояния и выберите команду Полярная привязка вкл. или Шаговая привязка вкл. из контекстного меню.

4. Выбор объектов

Применяя команды редактирования, можно изменять существующие объекты или использовать их для создания новых. В этом занятии вы узнаете, как можно выбрать объекты. Их можно выбрать перед вызовом команды или в ответ на приглашение командной строки.

Например: рассмотрим диалог командной строки при использовании команды удаления *Erase* (выбор объектов выполняется после ввода команды).

Команда: стереть

Выберите объекты:

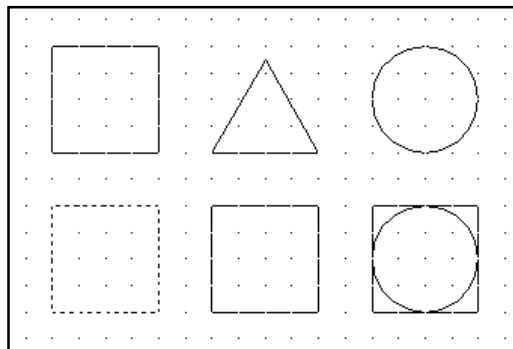
Команда отображает подсказку «Выберите объекты:», которая предлагает обозначить объекты, подлежащие удалению, после чего указатель мыши принимает вид небольшого квадрата. Вы можете выбрать объекты либо с помощью этого квадратного маркера, либо одним из методов, описанных ниже. Выбранные объекты отображаются пунктирной линией. Для завершения процесса выбора необходимо нажать клавишу <Enter>, после чего можно выполнять заданную команду редактирования.

Откройте чертёж «Занятие 2». Выключите режим ШАГ, чтобы было легче выделять объекты.

Квадратный маркер. Этот режим активизируется по умолчанию и используется для выбора только одного объекта.

1. Вызовите команду *Стереть* любым способом. Выделите с помощью квадратного маркера левый нижний квадрат (см. рис.). Для этого поместите квадратный маркер на объект (так, чтобы он пересекал объект) и щёлкните мышью. Каждую сторону квадрата можно выделить отдельно. Нажмите клавишу <Enter> для завершения команды *Стереть*.

2.



3. Любой объект, удалённый с помощью последней команды *Стереть*, можно восстановить. Для этого предназначена команда *Ой*. Её не обязательно применять немедленно после команды *Стереть*, вы можете вызвать *Ой* в любое время после удаления объекта. Восстановите квадрат с помощью команды *Ой* (для этого введите *Ой* в командную строку).

С помощью квадратного маркера можно не только выделить отдельный объект, но и сформировать рамку или секущую рамку выбора.

Рамка и секущая рамка. Рамка (*Window*) позволяет выбрать объекты, которые полностью ей охвачены. Она имеет форму прямоугольника, представленного сплошными линиями. С помощью секущей рамки (*Crossing Window*) можно выделить объекты, как полностью находящиеся в рамке, так и пересекаемые ею. Она также имеет форму прямоугольника, но он представлен пунктирными линиями. Для создания рамки следует указать две точки её диагонали.

4. Вызовите команду *Стереть*. Выделите средний квадрат в нижнем ряду с помощью рамки, а равносторонний треугольник сверху с помощью секущей рамки. Для этого поместите квадратный маркер в область чертежа так, чтобы он не пересекал ни один объект, и выполните щелчок мышью. Этим вы обозначите угол рамки выбора. Переместите мышь вправо, и вы сформируете рамку. Выполните щелчок для фиксации второго угла рамки. Если перемещать мышь влево, сформируется секущая рамка. Удалите объекты, нажав клавишу <Enter> (см. Рис. 2). Затем с помощью команды *Ой* восстановите объекты.

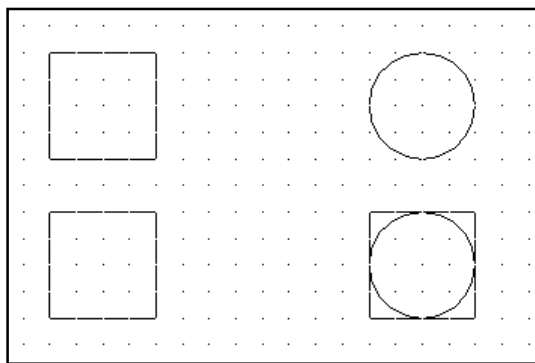


Рис. 2.

Опция «Линия». С помощью этой опции создаётся секущая линия. В результате выделяются все объекты, которые она пересекает, причём вы можете создать любое количество сегментов секущей линии.

5. Снова вызовите команду *Стереть*. После появления приглашения выбрать необходимые объекты введите в командную строку Л. Задайте секущую линию (указывая её концы) так, чтобы выделить все вертикальные отрезки и окружность в нижнем ряду. Удалите их с помощью команды *Стереть* (рис. 3), а затем восстановите командой *Ой*.

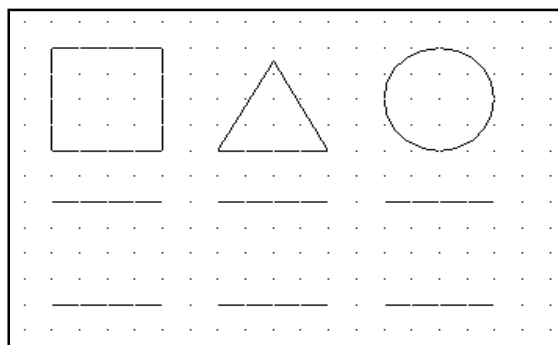


Рис. 3

Опция «Все». Выделяет все объекты чертежа.

Shift + левая кнопка мыши. Исключение объекта из группы выделенных.

6. Вызовите команду *Стереть*. Сначала выделите все объекты с помощью опции Все (В). Затем исключите из группы выделенных объектов четыре отрезка, представленных на рис. 4 штриховыми линиями. Для этого при выполнении щелчков на данных отрезках удерживайте клавишу <Shift>. Завершите команду *Стереть*, после чего будут удалены все объекты, кроме этих четырёх отрезков. Восстановите объекты командой *Ой*.

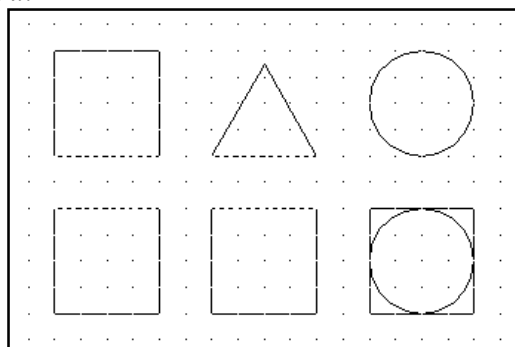


Рис. 4

7. Перед вызовом команды *Стереть* выделите треугольник с помощью квадратного маркера или рамкой (никакие другие команды при этом выполняться не должны). После этого введите команду *Стереть* и нажмите <Enter>, в результате чего треугольник будет удалён. Восстановите его посредством команды *Ой*.

8. Закройте файл, не сохраняя изменений.

Содержание отчета : выполненную работу сохранить в папке под своей фамилией и показать преподавателю

Контрольные вопросы

1. Какие методы ввода координат используются при черчении мышью?
2. Какие типы координат можно использовать в системе AutoCAD?
3. Для чего используется полярное слежение?
4. Каким образом осуществляется настройка полярного слежения?
5. Какая разница между выделением «Рамка» и «Секущая рамка»?
6. Как осуществляется выделение объектов с помощью секущей?

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме:

1. Орлов, А. AutoCAD 2014 / А. Орлов. - СПб. : Питер, 2014. - 384 с. : ил. - Прил.: с. 382. - ISBN 978-5-496-00761-0
2. Инженерная и компьютерная графика : лабораторный практикум / авт.-сост. Т.И. Дровосекова ; Сев.-Кав. федер. ун-т. - Ставрополь : СКФУ, 2014. - 2015. - Библиогр.: с. 159
3. Семенова, Н.В. Инженерная графика : учебное пособие / Н.В. Семенова, Л.В. Баранова. - Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2014. - 89 с. : схем., табл., ил. - Библиогр.: с. 71. - ISBN 978-5-7996-1099-9 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275945>

Лабораторная работа 16. Объектная привязка и объектное слежение. Создание и настройка графических примитивов.

Цель работы:

Изучить методы черчения от уже имеющихся объектов на двумерном чертеже. Научиться использовать полярное и объектное слежение.

Теоретическая часть.

В AutoCAD имеется возможность точной привязки создаваемых объектов к другим объектам. Это *объектная привязка* (Object Snap). Можно задать определённую точку (конечную точку, среднюю точку, точку пересечения и т.д.), либо задать расположение относительно объекта (параллельно, в заданном квадранте).

Объектное слежение (Object Snap Tracking) – это режим, в котором можно выполнять построения, располагая элементы в заданной позиции относительно точек привязки к объектам.

Для включения объектной привязки используется диалоговое окно <Drafting Settings> (меню <Tools>), вкладка <Object Snap>. Обычно одновременно включают режимы *Endpoint* (привязка к конечной точке отрезка), *Center* (привязка к центру окружности), *Midpoint* (привязка к середине отрезка). Если подвести курсор к нужной точке, появится соответствующий маркер, и щелчком мышью выполняется привязка.

Режим объектного слежения позволяет рисовать объекты, расположенные под заданным углом и в заданной позиции относительно существующих объектов. В процессе работы с ним отображаются временные (пунктирные) направляющие, называемые векторами выравнивания. Они позволяют точно установить курсор в позицию, находящуюся под заданным углом относительно имеющихся на чертеже объектов.

Оборудование и материалы.

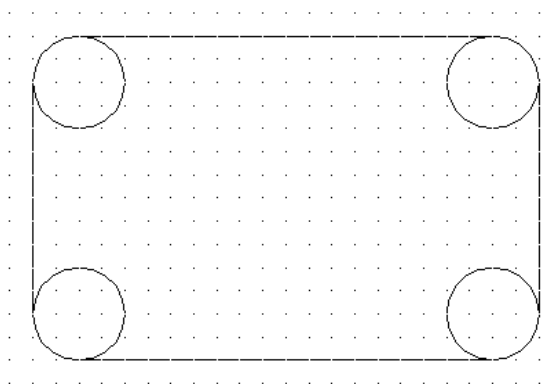
Персональный компьютер, программа AutoCAD.

Указания по технике безопасности:

Соответствуют технике безопасности по работе с компьютерной техникой.

Задания

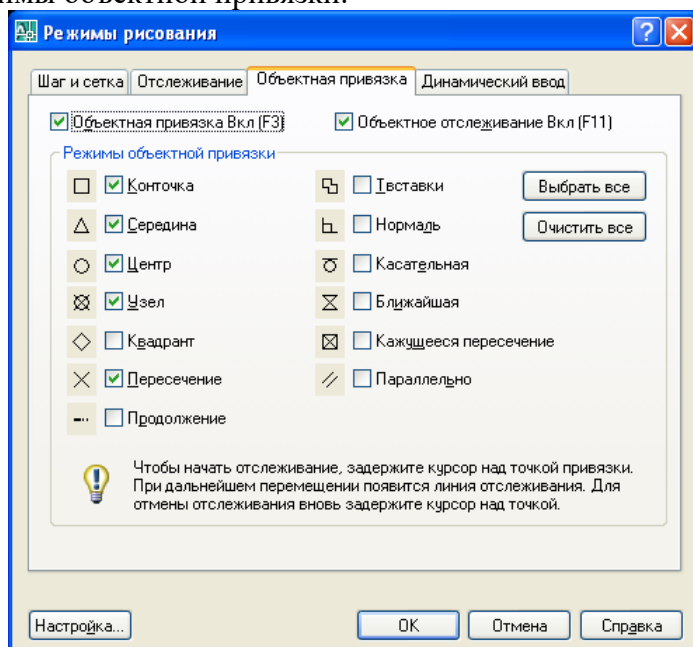
Создадим чертёж детали, представленный на рисунке, и изучим применение режима объектной привязки.



1. Запустите AutoCAD и создайте новый чертёж с установками по умолчанию.
2. Вызовите команду *Круг* и начертите четыре окружности радиусом 20 мм. Центры окружностей разместите в точках (50,100), (50,200), (230,200), (230,100). Повторный вызов команды можно осуществлять, нажав клавишу <Enter>.

Начертим четыре отрезка, соединяющие окружности. При этом используем режим объектной привязки. При использовании текущей объектной привязки ПРИВЯЗКА одновременно активны один или несколько режимов привязки, которые работают независимо друг от друга.

3. Сначала создайте нижний горизонтальный отрезок. Убедитесь, что кнопка ПРИВЯЗКА в строке состояния нажата. Щелкните на неё правой кнопкой мыши и выберите пункт «Настройка». Откроется диалоговое окно, в котором можно выбрать режимы объектной привязки.



Обычно одновременно включают режимы *Контточка*, *Центр*, *Середина*. В этом случае, если вы подведёте курсор к окружности, появится маркер привязки к центру, при размещении курсора возле конечной или средней точки отрезка отобразится маркер привязки к конечной или средней точке соответственно.

Попробуйте использовать три или четыре режима привязки одновременно, активизировав опции *Контточка*, *Центр*, *Середина*.

Активизируйте режим *Квадрант*, выбрав соответствующую кнопку на всплывающей панели. Эта привязка позволяет чертить объекты от крайних точек окружности (правой, левой, верхней и нижней). Нажмите кнопку <ОК>.

Примечание: при одновременном использовании таких режимов, как *Центр*, *Квадрант* и *Касательная*, могут возникнуть трудности, поскольку в этом случае курсор нужно разместить как можно ближе к точке привязки, иначе привязка может не осуществиться (например, режим *Квадрант* подавляет режим *Центр*). Проблему можно решить с помощью клавиши табуляции. Нажатие этой клавиши позволяет последовательно переключаться между режимами привязки.

Вызовите команду *Отрезок*. Когда появится подсказка «Первая точка:», появится желтый маркер в виде ромба и подсказка. Выполните щелчок, чтобы зафиксировать первую точку отрезка.

4. Когда появится приглашение ввести вторую точку отрезка, подведите указатель к нижней точке второй окружности и после отображения подсказки и маркера выполните щелчок мышью. Для завершения команды нажмите <Enter>.

5. Начертите, пользуясь описанной выше методикой, ещё три отрезка, образующие контур детали (см. рис.).

Продолжим черчение детали. Результат, который вы должны получить, выполнив это упражнение, представлен на рис. 2:

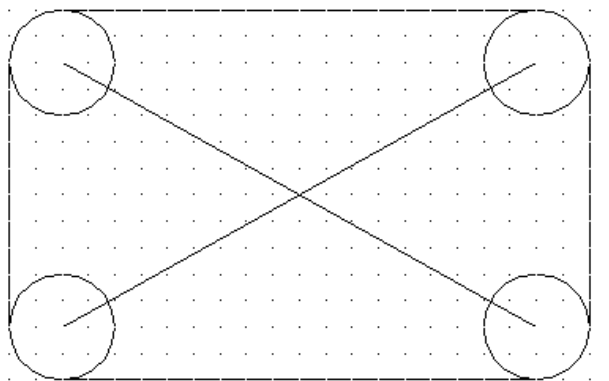


Рис. 2

1. Проведём диагональный отрезок, который соединяет центры левой нижней и правой верхней окружностей. Убедитесь, что в строке состояния нажата кнопка ПРИВЯЗКА. Активизируйте команду *Отрезок*. После появления подсказки «Первая точка:», подведите указатель к области, где располагается центр левой нижней окружности. Когда появятся маркер привязки и подсказка, выполните щелчок. Аналогичным образом укажите вторую точку отрезка, привязав её к центру правой верхней окружности. Нажмите <Enter> для завершения команды.

2. Создайте второй диагональный отрезок, соединяющий левую верхнюю и правую нижнюю окружности. Используйте при этом метод, описанный в пункте 3.

3. Теперь начертите окружность радиусом 30 мм, центр которой находится в точке пересечения диагональных отрезков. Активизируйте команду *Круг*. Сначала укажите центр окружности. Подведите указатель к точке пересечения, когда появится маркер и подсказка привязки, выполните щелчок мышью. Радиус окружности лучше задать методом ввода его величины с клавиатуры.

4. Сохраните чертёж под именем «Задание 5».

Черчение с использованием объектного слежения

Для выполнения этой работы откройте файл «Задание 5».

Продолжим выполнение чертежа детали. Создадим по бокам детали 2 окружности радиусом 10 мм (рис. 3). Центры окружностей должны быть расположены в точках пересечения средней горизонтальной линии и вертикальных линий, соединяющих центры окружностей.

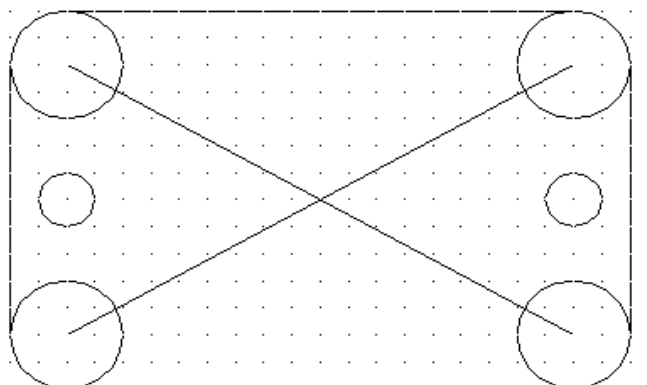
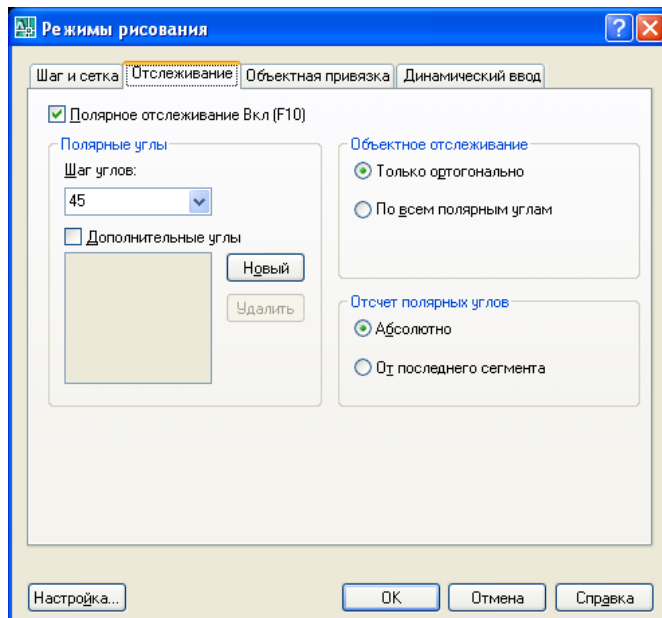


Рис.3

При черчении традиционным методом (карандашом на бумаге) для нахождения центров окружностей придётся сделать ряд вспомогательных построений (провести горизонтальную линию посередине детали и линии, соединяющие центры больших окружностей). Те, кто не освоит режимы привязки, будут и при черчении в AutoCAD

поступать аналогичным образом. Мы научимся выполнять такое построение более рационально.

1. Активизируйте режимы объектной привязки и объектного слежения (нажмите кнопки ПРИВЯЗКА и ОТС-ОБЪЕКТ в строке состояния).
2. Параметры режима объектного слежения устанавливаются на вкладке Отслеживание окна Режимы рисования. Откройте это окно, щелкнув на кнопку ОТС-ПОЛЯР.



На данном этапе мы не будем изменять установки режимов, слежение должно выполняться под углом 45° . Закройте окно, нажав кнопку <ОК>.

3. Начертим окружность, которая должна быть расположена справа. Выберите команду *Круг*, после чего в командной строке появится приглашение указать центр окружности.
4. Поместите курсор в область, где должна находиться середина правого вертикального отрезка, и, не нажимая кнопку мыши, задержите курсор, чтобы назначить данную точку исходной (это будет сделано, когда появится желтый маркер в виде треугольника и подсказка *Середина*).
5. Переместите курсор влево от исходной точки, пока не появится горизонтальный вектор выравнивания. Поместите курсор в центр верхней окружности и перемещайте вниз до тех пор, пока не появятся вертикальный и горизонтальный векторы выравнивания, подсказка и крестик в точке пересечения векторов. Выполните щелчок мышью, чтобы зафиксировать позицию центра окружности.
6. Введите с клавиатуры значение радиуса окружности (10) и нажмите <Enter>.
7. Начертите, используя описанный метод, вторую окружность (слева), сохраните чертёж под именем «Задание 5» и закройте его.

Помните, что вы должны активизировать режим объектной привязки перед тем, как генерировать вектор выравнивания от точки привязки, то есть режимы ПРИВЯЗКА и ОТС-ОБЪЕКТ должны быть включены. Режим ОТС-ПОЛЯР также может быть включен, но для функционирования режима объектного слежения это делать необязательно.

Совместное использование объектного и полярного слежения

В некоторых случаях эффективным является совместное использование режимов объектного и полярного слежения. Это позволяет генерировать вектор выравнивания как от последней указанной точки (при построении текущего отрезка или выполнении другой операции), так и относительно любого существующего объекта.

Создадим чертёж крестовины, используя сочетание двух режимов.

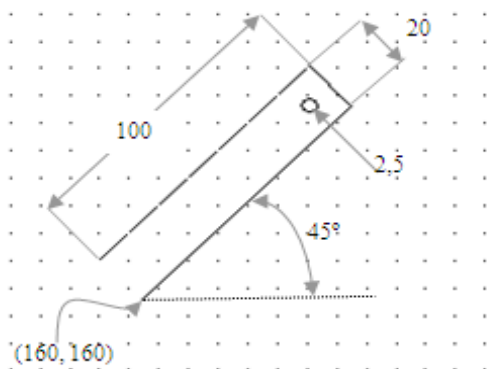


Рис. 1

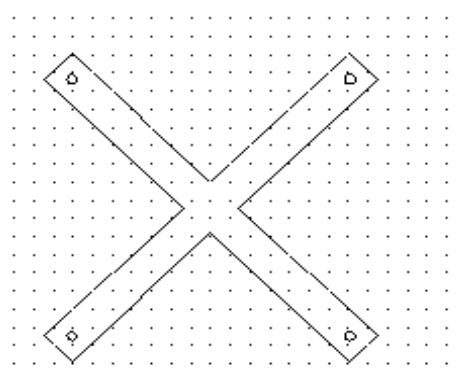


Рис. 2

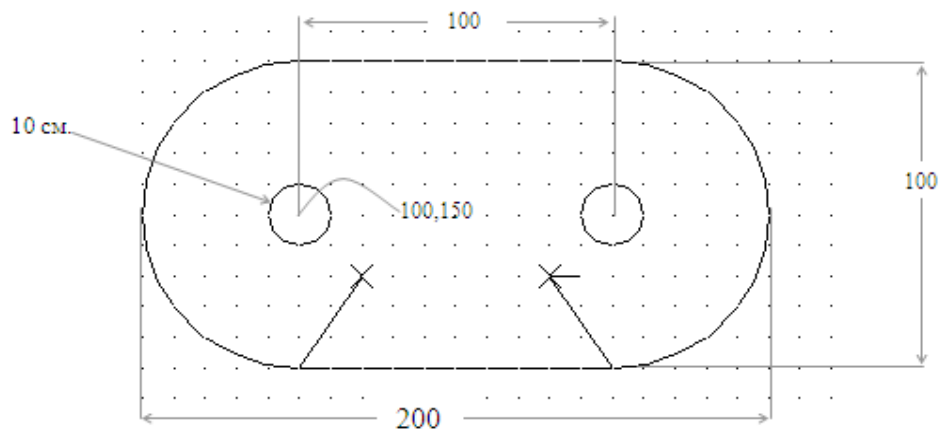
1. Создайте новый чертёж с установками по умолчанию.
 2. Откройте окно Режимы рисования (*Drafting Settings*). Для этого щелкните на кнопку ШАГ правой кнопкой мыши и выберите пункт «Настройки». Убедитесь, что на вкладке «Шаг и Сетка» значение параметра *Полярная привязка: Шаг* равно 10 и установлен режим *Полярная привязка*. На вкладке Отслеживание угол приращения должен быть равен 45 градусам. Активизируйте опции *Конточка*, *Центр*, *Середина* на вкладке Объектная привязка и нажмите кнопку <ОК>. Убедитесь, что в строке состояния включены режимы ШАГ, ОТС-ПОЛЯР (POLAR), ПРИВЯЗКА (OSNAP) и ОТС-ОБЪЕКТ (OTRACK).
 3. Вызовите команду Линия (*Line*) в панели инструментов и постройте три отрезка, образующие фрагмент крестовины (рис. 1). Начните работу в точке с заданными координатами (160,160). При построении наклонных отрезков руководствуйтесь подсказками режимов *Полярное слежение* и *Полярная привязка*.
 4. На конце фрагмента крестовины нарисуйте отверстие радиусом 2.5, выбрав команду Круг (*Circle*). Для задания местоположения центра используйте режим объектной привязки. Используйте горизонтальный и вертикальный векторы выравнивания, проходящие через углы детали. Для привязки к угловым точкам используйте опцию *Конточка (Endpoint)*.
 5. Аналогичным методом создайте три оставшихся элемента крестовины. Начальные точки определите, используя объектную привязку *Конточка (Endpoint)*.
- Сохраните чертёж под именем «Задание 6».

Отрезки, окружности, дуги и точки

Начертим изображение пластины, представленное на следующем рисунке. Оно состоит из линий, окружностей и дуг.

1. Запустите AutoCAD. Создайте новый чертёж с установками по умолчанию. Сохраните его в своей рабочей папке под именем «Задание 7».

При выполнении данного упражнения должны быть включены режимы *ШАГ* (SNAP - Привязка к сетке) и *ПРИВЯЗКА* (OSNAP). Отображение сетки и режим *ОРТО* (ORTO) можно включить по желанию. Для объектной привязки как минимум должны быть заданы опции *Конточка (Endpoint)* и *Центр (Center)*.



Сначала начертим две маленькие окружности. Воспользуемся для этого командой Круг (Circle).

1. Вызовите из панели инструментов команду Круг (Circle). В ответ на приглашение задать положение центра введите его абсолютные координаты. Мы используем метод построения окружности, используемый по умолчанию, то есть *Center, Radius*. Поэтому введите с клавиатуры значение радиуса окружности (10).

Команда: circle

Центр круга или [3T/2T/ККР(кас кас радиус)]: 100,150

Радиус круга или [Диаметр]: 10

2. Начертите вторую окружность. Вызовите команду Круг (Circle) и в качестве координат центра введите 200,150. Поскольку радиус этой окружности такой же, как и у предыдущей, для ввода его значения достаточно нажать <Enter>.

Закругленные края детали начертим с помощью дуг, воспользовавшись для этой цели командой Дуга (Arc). Команда предоставляет одиннадцать способов создания дуги. Подсказки в командной строке меняются в зависимости от метода построения.

По умолчанию дуга всегда вычерчивается против часовой стрелки. Следовательно, вы должны заранее продумать, какие точки следует определить в качестве её начальной и конечной точек.

3. Начертим дугу, которая должна располагаться слева. Вызовите команду Дуга (Arc) из меню Рисовать (Draw), выберите метод построения дуги Центр, Начало, Конец (Center, Start, End). После этого в командной строке появится приглашение указать центр дуги. Поместите указатель в центр окружности, находящейся слева. Когда отобразится подсказка объектной привязки Центр (Center), зафиксируйте центр дуги щелчком мыши.
4. Теперь надо выбрать начальную и конечную точку дуги. При этом обязательно надо учесть, что дуга по умолчанию строится против часовой стрелки. В данном случае – сверху вниз, то есть начальной точкой дуги будет точка (100,200), а конечной – (100,100). Если включить привязку к сетке, эти точки можно легко задать с помощью мыши.
5. Построим вторую дугу (справа). Активизируйте команду Arc и выберите тот же, что и в предыдущем случае, метод построения дуги – Центр, Начало, Конец (Center, Start, End). Укажите центр дуги в точке, совпадающий с центром второй окружности. Используйте при этом объектную привязку.
6. Задайте начальную и конечную точку второй дуги. Поскольку дуга строится против часовой стрелки, эту дугу надо строить снизу вверх: её начальная точка будет иметь координаты (200,100), а конечная – (200,200). Задайте их удобным для вас методом.
7. Начертите верхний и нижний отрезки, соединяющие дуги. Вызовите команду Линия (Line) в панели инструментов и укажите точки отрезка. Обязательно руководствуйтесь подсказкой объектной привязки Конточка (Endpoint).

Теперь начертим линии и метки в виде крестиков, расположенные в нижней части детали. Для создания меток удобно пользоваться объектом Точка (*Point*). Для того чтобы создать точку, достаточно указать лишь её координаты. После вызова команды появляется следующий диалог:

Команда: point

Current point modes: PDMODE=0 PDSIZE=0.0000

Укажите точку:

Значение переменной PDMODE задаёт форму точки, а переменной PDSIZE – её размер. Параметры объекта *Point* можно определить в окне *Point Style* (Стиль точки). Точки являются объектами чертежа и выводятся на печать. По умолчанию объект *Point* представлен обычной точкой. После выбора соответствующего графического изображения все созданные на чертеже точки будут представлены на экране и выведены на печать в заданном виде.

8. Вызовите команду Стиль точки (*Point Style*) из меню Формат (*Format*) или введите DDPTYPE в командную строку, и на экране появится окно Отображение точек (*Point Style*).

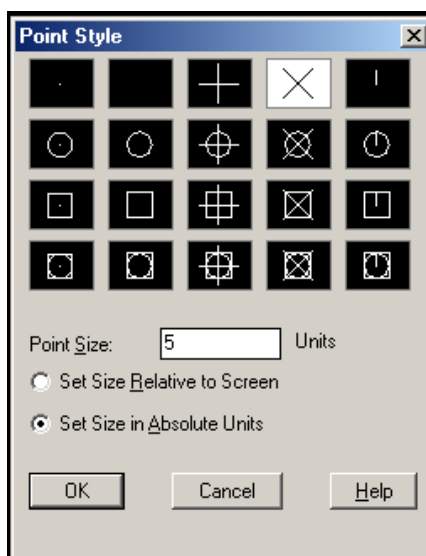


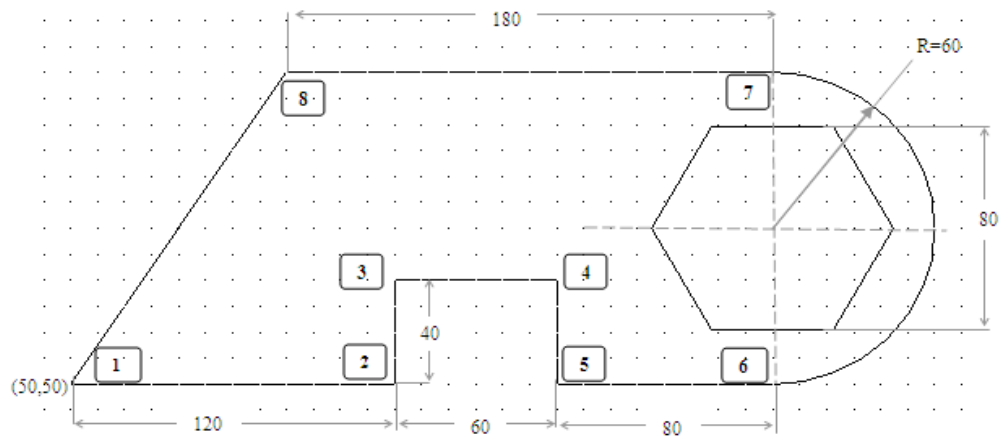
Рис. 2

9. Выполните указанные на рисунке установки (четвертый тип точки в верхнем ряду) и закройте окно путём нажатия <OK>.
10. Вызовите команду Точка (*Point*) на панели инструментов Рисовать (*Draw*). Укажите позиции объектов в точках с координатами (120,130) и (180,130).
11. Включите режим объектной привязки к точке. Для щелкните правой кнопкой мыши на кнопке ПРИВЯЗКА (OSNAP) в строке состояния и выберите в контекстном меню команду *Настройка*. Затем в диалоговом окне установите опцию Узел (*Node*) и закройте окно нажатием <OK>.
12. Воспользовавшись командой Отрезок (*Line*), начертите наклонные отрезки, связывающие точки начала дуг и объекты Точка (*Point*). Пользуйтесь подсказками объектной привязки.

Сохраните чертёж под именем «Задание 7» и закройте его.

Полилиния и многоугольник

Начертим фигуру, представленную на рисунке. Контур такой фигуры удобно создать одной командой и представить одним объектом – Полилинией (*Pline*). Она может состоять из нескольких прямолинейных или дуговых сегментов, имеет толщину и является более универсальным объектом, чем линия. Что касается шестиугольника, то в AutoCAD существует команда создания многоугольников – Многоугольник (*Polygon*), которой мы и воспользуемся, чтобы нарисовать шестиугольник в виде одного объекта.



1. Создайте новый чертёж с установками по умолчанию. Сохраните его в своей рабочей папке под именем «Занятие 8».
2. Вызовите команду Полилиния (*Pline*). В командной строке появится приглашение Начальная точка: (*Specify start point:*). Укажите начальную точку полилинии с координатами (50,50), и вы увидите такой диалог:

Текущая ширина полилинии равна 0.0000

Следующая точка или [Дуга/Полуширина/длина/Отменить/Ширина]:

Программа сообщает, что текущая толщина полилинии равна 0, и предлагает указать следующую точку линии. Здесь вы также видите перечень опций команды Полилиния.

3. Пользуясь привязкой к сетке либо возможностью ввода абсолютных и относительных координат, задайте точки линий, дочертите до дуги, но не выходите из команды.
4. Следующий сегмент полилинии представляет собой дугу. Поэтому введите в командной строке опцию **Д (Дуга)**. По умолчанию при переходе в данный режим для дуги нужно задать конечную точку. Однако дугу, входящую в состав полилинии можно задать и другими методами. После ввода опции **Д (Дуга)** в командной строке появится подсказка с предложением выбрать метод построения дуги:

**Конечная точка дуги или [Угол/Центр/Замкнуть/Направление/
Полуширина/Линейный/Радиус/Вторая/Отменить/Ширина]:**

5. Переместите указатель мыши вверх и, когда значение расстояния в подсказке будет равно 120, зафиксируйте щелчком мыши конечную точку дуги.
6. Теперь нам нужно построить прямолинейный сегмент полилинии. Поэтому введите в командную строку **Л (Линейный)**, чтобы выйти из режима построения дуги.
7. В командной строке вы увидите следующую подсказку:

Следующая точка или [Дуга/Полуширина/длина/Отменить/Ширина]:

Сейчас следует применить опцию **И (Длина)**. Введите в командную строку **И**, после чего отобразится запрос на ввод длины сегмента. Введите значение 180.

8. Теперь можно замкнуть полилинию, для чего достаточно ввести в командную строку опцию **З (Замкнуть)**.
9. Шестиугольник в центре дуги начертим с помощью команды Многоугольник, которая создаёт правильный многоугольник. При этом можно использовать следующие методы: задать радиус окружности, многоугольник будет либо *Вписанный в окружность*, либо *Описанный вокруг окружности*.

По умолчанию установлен первый метод, а нам известен радиус вписанной окружности, поэтому нужно воспользоваться вторым:

Команда: *polygon*

Число сторон: 6

Укажите центр многоугольника или [Сторона]:

Укажите центр с помощью подсказки объектной привязки (он должен совпадать с центром дуги). На экране появится очередное приглашение:

Задайте опцию размещения [Вписанный в окружность/Описанный вокруг окружности] <В>: *О* (нужно ввести русскую букву *О*)

Радиус окружности: 40

Сохраните и закройте файл.

Прямоугольник и кольцо

В этом упражнении мы должны начертить фрагмент электрической схемы, как показано на рисунке. Размеры на чертеже не указаны, поэтому при создании объектов можно задавать произвольные точки.

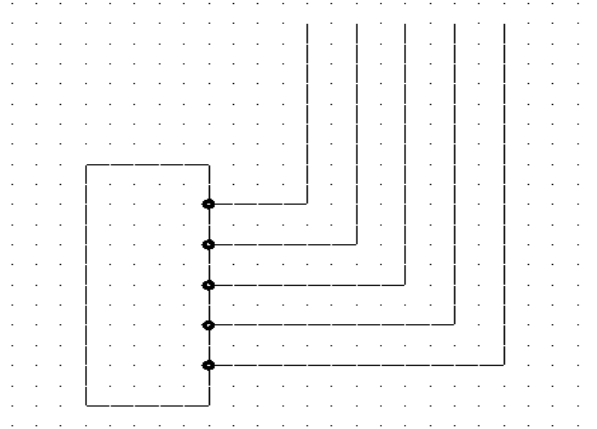


Рис. 1

1. Создайте новый чертёж. Сохраните его в своей рабочей папке под именем «Задание 9». При выполнении данного упражнения лучше включить режимы ШАГ(*Grid Snap*) и ПРИВЯЗКА (*OSNAP*). Режимы СЕТКА (*GRID*) и ОРТО (*ORTHO*) можно включить по желанию. Для объектной привязки как минимум должна быть задана опция Центр (*Center*).
2. Корпус микросхемы проще всего нарисовать с помощью команды Прямоугольник (*Rectang*). В этом случае он будет представлять собой один объект. Для создания прямоугольника требуется задать два угла, находящиеся на одной диагонали. Углы можно указать мышью или путём определения их координат. После активизации команды вы увидите диалог:

Команда: *rectang*

Первый угол или [Фаска/Уровень/Сопряжение/Высота/Ширина]:

3. Укажите мышью позицию левого нижнего угла корпуса микросхемы. Когда появится приглашение ввести вторую угловую точку **Укажите вторую угловую точку или [Area/Dimensions/Rotation]:**, щёлкните мышью в месте, где она будет находиться, и вы увидите перед собой прямоугольник.

Далее мы приступаем к черчению контактов микросхемы. Их можно быстро создать с помощью команды **Кольцо**. Данная команда позволяет задать внутренний и внешний диаметры одного кольца и создать несколько колец.

Кольца являются сплошными заполненными круговыми объектами, имеющими ненулевую толщину. Сплошное заполнение объектов можно отменить посредством команды *Fill* или путём изменения значения системной переменной *FILLMODE*.

4. Чтобы облегчить черчение контактов, включите режим объектной привязки ПРИВЯЗКА. Вызовите команду Кольцо из меню Рисовать. Команда отображает следующий диалог:

Команда: *donut*

Внутренний диаметр кольца:

Поскольку значение внутреннего диаметра по умолчанию нас не устраивает, введите новое значение внутреннего диаметра кольца (**в нашем случае 2**), а после второго приглашения – диаметр внешнего кольца, **равный 5**. В командной строке отобразится следующее:

Центр кольца или [Выход]:

Укажите центр кольца мышью. Создайте требуемое число колец для контактов щелчками мыши и выйдите из команды, нажав <Enter>.

5. Включите объектную привязку и начертите линии соединения, используя команду Отрезок и привязку к центру колец.

Мультилиния и эллипс

Начертим фрагмент плана комнаты, на котором показаны стены и овальный стол (рис. 1). Стены и другие объекты, состоящие из параллельных линий, удобно создавать с помощью мультилинии, которая представляет собой набор параллельных линий, образующих единый объект. Набор может содержать до 16 отдельных линий, причём у вас имеется возможность отдельно задать параметры каждой линии набора.

Для черчения эллипсов в AutoCAD имеется специальная команда, которая называется Эллипс (*Ellipse*).

1. Создайте новый чертёж.

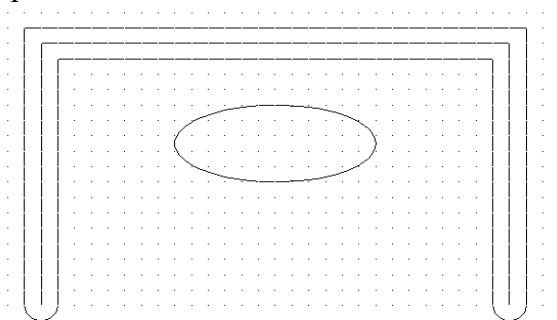


Рис. 1

Стену мы представим с помощью мультилинии. Этот объект создаётся командой *Mline*, которой соответствует пункт Мультилиния (*Multiline*) меню Рисовать (*Draw*). Определение параметров отдельных элементов мультилинии (смещения, типа и цвета) осуществляется с помощью команды *Mlstyle*.

Для нашей задачи стандартный стиль мультилинии не подходит, поэтому необходимо создать другой стиль.

2. Выберите команду Стиль мультилинии (*Multiline Style*) из меню Формат (*Format*), и на экране появится окно *Multiline Styles* (Стили мультилиний) (Рис.2).



Рис. 2

Список *Styles* (Стили) содержит имена загруженных в настоящий момент стилей мультилиний. Для просмотра стиля достаточно выбрать его имя из списка.

3. Нажмите кнопку *New* (Новый) и откроется диалоговое окно, где в поле *Name* (Имя) вам следует ввести имя «Стена» и нажать кнопку «Continue».
4. В следующем окне в поле *Description* введите описание стиля, например «Внешняя стена».
5. Теперь определим параметры линий, входящих в набор.
6. Добавим в набор ещё одну линию, посередине. Нажмите кнопку *Add*, и в наборе появится новая линия, которая по умолчанию имеет смещение (*Offset*), равное 0.

Смещение элемента мультилинии – это расстояние от него до оси симметрии мультилинии. Изменять это значение мы не будем. Кроме смещения можно также задать цвет и тип линии.

7. Зададим свойства мультилинии в целом (например, форма концов линии, её заливка и изображение стыков).
8. Задайте скругление концов мультилинии, воспользовавшись опциями *Outer Arc* (Внешняя дуга). Закройте окно нажатием кнопки <OK>.
9. Теперь сохраните созданный вами стиль мультилинии. Нажмите кнопку <Save>, и на экране появится окно *Save Multiline Style*, аналогичное уже знакомому вам окну сохранения файла. Присвойте файлу имя «Стена.mls».
10. Теперь надо сделать данный стиль текущим. Для этого нажмите кнопку *Load* (Загрузить) и выберите в окне *Load Multiline Styles* (Загрузка стиля мультилинии) кнопку *File*. После этого загрузите файл «Стена.mls», а затем выберите из списка стиль «Стена». Нажмите кнопку «Current» (Текущий), чтобы сделать этот стиль текущим. Нажмите ОК.
11. Вызовите команду Мультилиния (*Multiline*) из меню Рисовать (*Draw*). Команда отображает следующий диалог:

Команда: *mline*

Текущие настройки: Расположение = Верх, Масштаб = 20.00, Стиль = СТЕНА

Начальная точка или [Расположение/Масштаб/Стиль]:

12. С помощью мыши укажите первую точку, а затем, после появления соответствующего приглашения, - вторую. Начертите изображение стены, а в завершение программы нажмите <Enter>.

Теперь мы приступаем к созданию изображения стола, имеющего форму эллипса. Начертить его можно тремя способами: путём определения одной оси и конца другой, путём определения центра и концов каждой из осей или посредством черчения дуги эллипса. Каждый из методов позволяет вместо длины второй оси указывать угол поворота.

13. Активизируйте команду Эллипс (*Ellipse*) из панели инструментов Рисовать (*Draw*) или путём ввода её имени в командную строку. В командной строке появится следующее сообщение:

Команда: *_ellipse*

Конечная точка оси эллипса или [Дуга/Центр]:

Программа просит указать первую граничную точку большой или малой оси эллипса. Если вы знаете расположение центра эллипса, можно его задать. Введите в командную строку Ц, после чего отобразится приглашение указать центр эллипса: Центр эллипса:. Выберите его, пользуясь подсказкой объектной привязки Середина (*Midpoint*). Затем программа попросит указать второй конец оси эллипса «Конечная точка оси». Сделайте это с помощью мыши. Появится следующее приглашение:

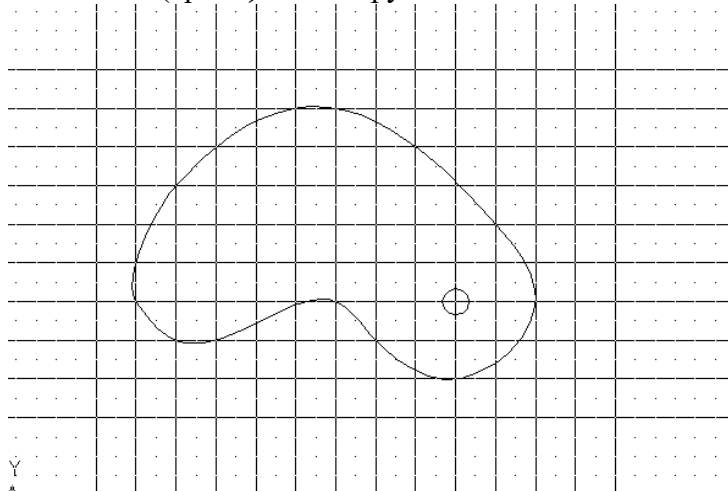
Длина другой оси или [Поворот]:

Теперь надо указать расстояние от центра эллипса до конца второй его оси (половину второй оси). Это можно сделать путём ввода нужной величины (пользуйтесь мышью). После этого AutoCAD создаст эллипс.

Прямая и сплайн

Предположим, что вам нужно начертить кулачок. С помощью AutoCAD можно решить задачу, поскольку в программе имеется команда Сплайн (*Spline*), позволяющая вычерчивать кривые произвольной формы.

Построим чертёж кулачка, показанный на рис. 1, и на его примере изучим применение команды Сплайн (*Spline*) и конструктивных линий.



1. Создайте новый чертёж.
2. Сначала начертим конструктивную линию. Вызовите команду Прямая (*Construction Line*) из меню Рисование (*Draw*) или введите `_Xline` в командную строку, и вы получите такое приглашение:

Команда: `_xline`

Укажите точку или [Гор/Вер/Угол/Биссект/Отступ]:

3. Построим горизонтальные конструктивные линии. Введите в командную строку опцию *Г*, после чего появится приглашение «Через точку:» (*Specify through point:*). Включите привязку к сетке, нажав кнопку ШАГ (*SNAP*) в строке состояния, и щелчком мыши задайте положение линии.
4. Создайте 10 горизонтальных линий и выйдите из команды, нажав клавишу <Enter>.
5. Начертите 15 вертикальных конструктивных линий, воспользовавшись командой *Xline* с опцией *В*.
6. Приступим к черчению кулачка. Отключите привязку к сетке, а из опций объектной привязки оставьте только *Пересечение* (*Intersection*).
7. Вызовите команду Сплайн (*Spline*) из меню Рисовать (*Draw*), панели инструментов или путём ввода в командную строку.

Процесс создания сплайна включает задание опорных точек и определение направления касательных в двух ограниченных точках (для незамкнутых сплайнов). Опция Замкнуть (*Close*) позволяет создавать замкнутые сплайны.

Команда приглашает ввести первую точку.

Команда: `_spline`

Первая точка или [Объект]:

Укажите её в точке пересечения конструктивных линий, используя объектную привязку. Задавайте таким образом все точки контура кулачка и замкните сплайн, применив опцию *З* (*Замкнуть*). На запрос указать направление касательной в точке замыкания («*Specify tangent:*») нажмите <Enter>.

Содержание отчета : выполненную работу сохранить в папке под своей фамилией и показать преподавателю

Контрольные вопросы

1. Как настраивается объектная привязка?
2. Какие существуют режимы объектной привязки?
3. Что означает привязка Квадрант?
4. Какие кнопки строки состояния должны быть нажаты для использования объектного слежения?
5. В чем разница между использованием объектного и полярного слежения?
6. Что такое полярная привязка?
7. Как изменить настройки объектного слежения? Угол слежения?
8. Какой командой строится кривая линия?
9. Как настроить параметры форматирования точки?
10. Какие режимы вычерчивания дуги Вы знаете?
11. Каковы особенности применения полилинии?
12. Для чего используется мультилиния?
13. Как настраиваются параметры мультилинии?

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме:

1. Орлов, А. AutoCAD 2014 / А. Орлов. - СПб. : Питер, 2014. - 384 с. : ил. - Прил.: с. 382. - ISBN 978-5-496-00761-0
2. Инженерная и компьютерная графика : лабораторный практикум / авт.-сост. Т.И. Дровосекова ; Сев.-Кав. федер. ун-т. - Ставрополь : СКФУ, 2014. - 2015. - Библиогр.: с. 159
3. Семенова, Н.В. Инженерная графика : учебное пособие / Н.В. Семенова, Л.В. Баранова. - Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2014. - 89 с. : схем., табл., ил. - Библиогр.: с. 71. - ISBN 978-5-7996-1099-9 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275945>

Лабораторная работа 17. Редактирование объектов.

Цель работы:

Изучить методы редактирования и настройки объектов с помощью команд редактирования. Изучить работу со слоями, создание, редактирование свойств, фильтрацию слоев, работу с текущим слоем. Задание и редактирование свойств объектов.

Теоретическая часть.

Команду редактирования можно вызвать с помощью кнопок панели инструментов Modify, из меню Modify или ввести в командную строку с клавиатуры. Команды редактирования воздействуют на уже имеющиеся объекты, поэтому перед их использованием нужно определить набор выделенных объектов.

Некоторые из команд не просто редактируют объекты, а позволяют реализовать сложные приёмы создания элементов чертежа, которые недоступны при «ручном методе».

Скругление. Чтобы построить скругление, используется команда Fillet, которая автоматически скругляет дугой заданного радиуса острый угол, образуемый при пересечении двух объектов типа Line, Arc, Circle или Pline. После вызова команды требуется задать радиус и выбрать объекты, концы которых необходимо скруглить. При этом не обязательно, чтобы сопрягаемые объекты пересекались. В случае необходимости можно задать режим автоматического продолжения (Notrim) или обрезки (Trim) объектов.

Фаска. Снятие фаски – это производственный процесс, который применяется для замены острого угла наклонной поверхностью. Обычно команда Chamfer (Фаска) используется в AutoCAD для добавления линии скоса в место пересечения двух объектов типа Line или Pline. Требуется задания двух расстояний и указания двух отрезков.

Обрезка. Команда Trim позволяет отсечь лишние концы объектов в точках пересечения с другими объектами. Выполняется в два этапа. Сначала нужно выделить объекты, которые будут служить границами обрезки. Затем необходимо указать объект или объекты, к которым при меняется команда Trim (то есть, фрагменты, которые нужно удалить).

Продление. Команда Extend (Продлить) по своему действию противоположна команде Trim. С помощью этой команды такие объекты, как дуги, отрезки и полилинии, можно продлить до пересечения с другим объектом.

При выполнении этой команды сначала нужно выбрать объекты, которые будут служить в качестве граничных. После этого выбираются объекты, которые необходимо продлить.

Копирование. Для копирования существующих объектов используется команда Copy (Копировать) из меню Modify (Изменить). Эта команда копирует указанные объекты и позволяет расположить их в заданных координатах. Нужно выделить копируемые объекты и определить две точки: базовую (точку, откуда копировать) и точку смещения (точку, куда копировать).

Массивы. Команда Array строит массивы объектов. Если требуется создать прямоугольный массив, повернутый под углом, нужно ввести значение угла в поле <Angle of array> (Угол массива).

Если требуется создать полярный массив, нужно выбрать опцию <Polar array> (Полярный массив). По умолчанию массив строится против часовой стрелки. В списке <Method> задаётся метод указания параметров массива. Обычно используется <Total number of items>. В этом случае нужно задать общее число элементов массива.

Поворот. Повернуть объекты можно с помощью команды Rotate (Повернуть) меню Modify. Сначала нужно выделить объект, потом выбрать точку, которая будет служить

центром поворота, затем ввести значение угла поворота (поворот производится против часовой стрелки).

Зеркальное отражение. Для этой операции используется команда Mirror (Отражение). Сначала команда требует отметить имеющиеся на чертеже объекты, для которых создается зеркальный образ. Затем нужно задать две точки, определяющие ось отражения (ее длина не имеет значения). После этого команда Mirror создаст зеркальное отображение исходных объектов, которые при необходимости могут быть удалены (Чтобы сохранить оба множества, нужно нажать N, чтобы сохранить только отраженное множество, нужно ввести Y).

Команду Mirror можно использовать и для черчения второй половины симметричного объекта.

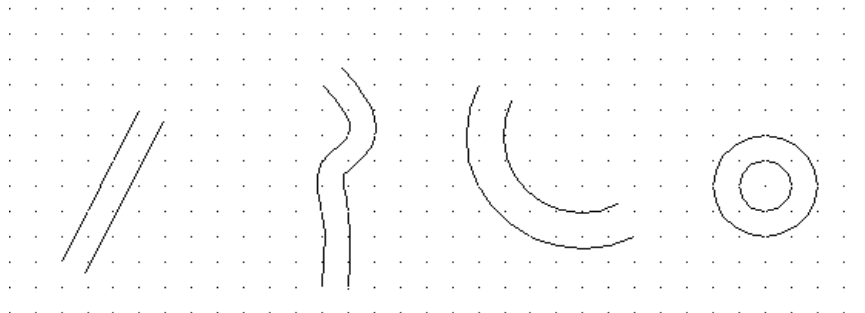
Масштабирование объектов. Для пропорционального увеличения или уменьшения объектов чертежа предназначена команда Scale (Масштаб) (меню или панель инструментов Modify). Команда требует выделить объекты, указать базовую (неподвижную) точку, задать масштабный коэффициент. Например, если ввести 1.2, то объект будет увеличен на 20%. Чтобы уменьшить объект, нужно ввести значение <1.

Растягивание. Для растягивания объектов используется команда Stretch (Растянуть). С ее помощью можно растянуть (сжать) даже группу объектов, не разрушив их взаимосвязи. Под воздействием команды отрезки и полилинии становятся длиннее или короче, а дуги изменяют радиус. Окружности под действием команды не изменяются, но если центр окружности попал в выделенную область, то она переместится.

После вызова команды нужно выделить объекты текущей рамкой, нажать <Enter>. Указать базовую точку. Появится запрос на ввод второй точки – для определения направления и степени деформации объектов. После этого при перемещении мыши объект будет изменяться. Когда он примет нужную форму, нужно щелкнуть мышью для фиксации изменений.

Удлинение. С помощью команды Lengthen (Удлинить) можно изменить длину отрезка или дуги. После вызова команды нужно выделить объекты и ввести процентное соотношение изменения длины (например, 120 – увеличение объекта в 1,2 раза).

Создание подобной копии объекта. Команда Offset (Отступ) создает подобную копию выбранного объекта. Ей можно воздействовать на объекты типа Line, Arc, Circle, Pline и т.д.

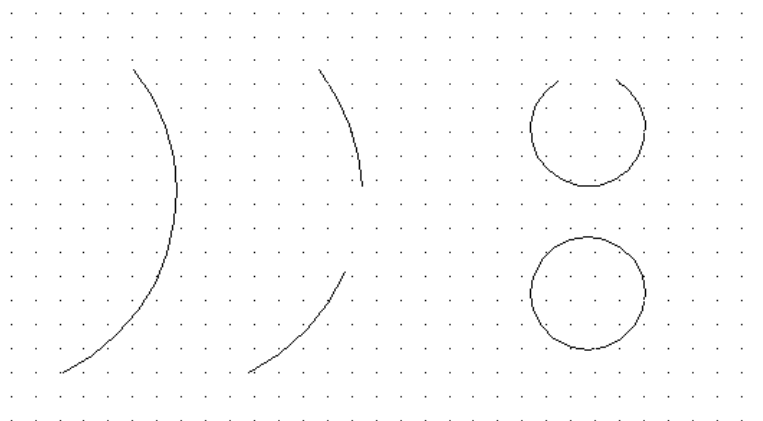


Для объекта Line команда создает параллельную копию на заданном расстоянии от оригинала. Объекты Arc и Circle имеют концентрическое подобие, а объекты Pline и Spline преобразуются в подобные фигуры.

Команда выводит запрос на выбор одной из двух опций: Distance – отступ на заданное расстояние, Through – отступ в заданную точку. После выбора опции Through появляются запросы на выбор смещаемого объекта. Команда Distance требует ввода направления и расстояния.

Разрывы. С помощью команды Break (Разорвать) можно разорвать объект или отсечь часть объекта с любой его стороны. Чтобы разорвать объект посередине, создав тем самым 2 объекта, следует указать место разрыва, задав 2 точки. В случае окружности

величина разрыва определяется против часовой стрелки от первой заданной точки до второй.



После вызова команды Break нужно выбрать первую и вторую точку разрыва и разрыв будет создан.

Правка с помощью ручек. Этот метод позволяет удлинять, перемещать, вращать, масштабировать, производить зеркальное отображение объектов или копировать их, не используя обычные команды редактирования или режимы привязки. Ручки – это маленькие квадраты (узлы), которые появляются в граничных точках, в середине или в центре выделенных объектов.

Ручка может быть теплой, горячей или холодной. Когда объект выделен, ручки на нем голубого цвета – это означает, что они теплые. Ручки холодные, если объект сначала выделить, а потом исключить из группы выделенных комбинацией SHIFT+левая кнопка мыши. Холодные ручки тоже имеют голубой цвет, но объект при этом не выделен. Горячая ручка имеет красный цвет. Ручку можно сделать горячей, щёлкнув на теплую. При активизации горячей ручки становятся доступными правки при помощи ручек.

Оборудование и материалы.

Персональный компьютер, программа AutoCAD.

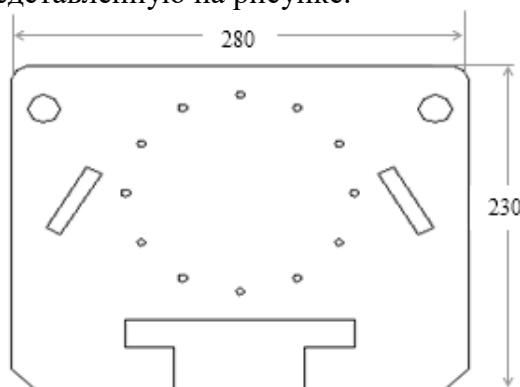
Указания по технике безопасности:

Соответствуют технике безопасности по работе с компьютерной техникой.

Задания

Некоторые команды редактирования могут оказаться весьма эффективными в процессе создания элементов конструкции. То есть они не просто являются командами редактирования (исправления) объектов, а позволяют реализовать приёмы создания элементов чертежа, которые недоступны при «ручном методе».

Начертим деталь, представленную на рисунке.



Сопряжения и фаски

В первой работе мы начертим внешний контур пластины.

1. Запустите AutoCAD и создайте новый чертёж. Сохраните чертёж в своей рабочей папке, включите привязку к сетке.
2. Вызовите команду *Line* (Линия) и начертите внешний прямоугольник размером 280x230. Для удобства можете включить режим ортогональных построений *ORTO*.

Построим сопряжения в верхней части пластины. Это можно сделать с помощью команды *Сопряжения (Fillet)*. Вам требуется задать радиус и выбрать объекты, концы которых необходимо скруглить. При этом не обязательно, чтобы сопрягаемые объекты пересекались. В случае необходимости можно задать режим автоматического продолжения или обрезки объектов.

3. Вызовите команду *Fillet* (введите её в командную строку, либо нажмите на кнопку  - Кромка, либо в меню «Редактировать» выберите пункт «Сопряжение»). В командной строке появится диалог (введите опцию *Д* и значение радиуса скругления 10, как показано ниже):

Команда: *_fillet*

Текущие настройки: Режим = С ОБРЕЗКОЙ, Радиус сопряжения = 0.0000

Выберите первый объект или [отменить/полИлиния/раДиус/оБрезка/Несколько]:

Выберите первый объект или [отменить/полИлиния/раДиус/оБрезка/Несколько]: д
<Enter>

Программа повторно выведет предложение выбрать объект:

Выберите первый объект или [отменить/полИлиния/раДиус/оБрезка/Несколько]:

В ответ на это приглашение выберите левый вертикальный отрезок. После того как команда отобразит приглашение «Выберите второй объект:», выберите верхний горизонтальный отрезок, и скругление в левой части пластины будет создано.

4. Вызовите команду *Сопряжение (Fillet)* повторно, нажав клавишу **<Enter>**. Теперь радиус сопряжения можно не задавать. Поэтому в ответ на приглашения команды последовательно выберите мышью два отрезка: правый вертикальный и левый горизонтальный. Таким образом вы создадите и второе сопряжение.

Продолжим черчение пластины. В нижней части её контура необходимо создать фаски (выемки). Снятие фаски – это производственный процесс, который применяется для замены острого угла наклонной поверхностью. Обычно команда *Фаска (Chamfer)* напоминает команду *Сопряжение (Fillet)*, но если последняя скругляет угол дугой заданного радиуса, то первая автоматически чертит линию скоса на заданных нами расстояниях от существующего угла.

Фаски можно создавать методом *Distance*, который требует задания двух расстояний, или методом *Angle*, указывая расстояние и угол.

5. Вызовите команду *Фаска (Chamfer)* . Как видите, наряду с опциями в командной строке отображается текущий метод, а также ранее заданные значения.

Команда: *_chamfer*

(Режим С ОБРЕЗКОЙ) Параметры фаски: Длина1 = 0.0000, Длина2 = 0.0000

Выберите первый отрезок или

[отменить/полИлиния/Длина/Угол/оБрезка/Метод/Несколько]:

6. Воспользуемся первым из двух методов. Для него нужно указать два значения расстояния. В нашем случае фаска является симметричной, поэтому они одинаковы. Введите в командную строку опцию *Д*, в результате чего команда отобразит следующий запрос:

Первая длина фаски <0.000>:

7. Введите значение 15 и нажмите **<Enter>**. Второй запрос будет таким:

Вторая длина фаски <15.000>:

Это означает, что AutoCAD предлагает в качестве значения по умолчанию указанное ранее расстояние. Нас оно устраивает, поэтому в ответ на данный запрос нажимаем **<Enter>**. Команда отобразит следующее приглашение:

*Выберите первый отрезок или
[Отменить/полИлиния/Длина/Угол/обрезка/Метод/Несколько]:*

8. Выберите мышью левый вертикальный отрезок. Когда AutoCAD попросит задать вторую линию («Выберите второй отрезок:»), выберите мышью нижний горизонтальный отрезок. Как видите, фаска создана.
 9. Сохраните чертёж под именем «Задание 12».
- В результате у вас должен получиться следующий чертёж:

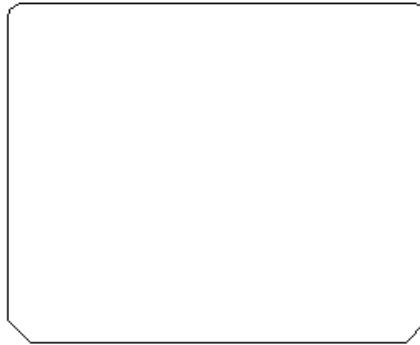


Рис. 2

Обрезка и продление объектов

Продолжим чертить деталь, представленную на рис. 1.

В этой работе мы создадим выемку в нижней части пластины. Особенность данного задания в том, что нам нужно удалить часть нижней линии, образующей контур пластины.

1. Включите режим ОРТО (ORTHO), а также привязку к сетке и вызовите команду Отрезок (*Line*). Начертите выемку, как показано на рисунке 3.

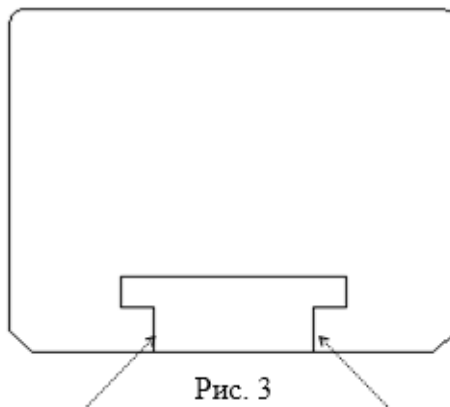


Рис. 3

Теперь необходимо удалить часть горизонтальной линии между двумя вертикальными отрезками, образующими выемку. Это можно сделать с помощью команды Обрезать (*Trim*). Она позволяет отсечь лишние концы объектов в точках пересечения с другими объектами или удалить средний участок объекта, находящийся между двумя точками пересечения с другими объектами.

Команда Обрезать (*Trim*) выполняется в два этапа. Сначала нужно выделить существующие объекты, которые будут служить границами обрезки. Затем необходимо указать объект или объекты, к которым применяется команда Обрезать (*Trim*) (то есть фрагменты, которые нужно удалить).

2. Вызовите команду Обрезать (*Trim*) , и на экране отобразится диалог:

Command: trim

Current settings: Projection=UCN Edge=None

Select cuttings edges...

Select objects:

Команда: *_trim*

Текущие установки: Проекция=ПСК, Кромки=Без продолжения

Выберите режущие кромки ...

Select objects or <select all>:

3. Тем самым AutoCAD приглашает вас указать граничные объекты. Выберите с помощью мыши примыкающие к нижнему краю пластины вертикальные отрезки, образующие выемку (на рис.3 на них указывают стрелки). Чтобы создать набор из нескольких объектов, удерживайте нажатой клавишу Shift, по окончании выбора нажмите <Enter>. Программа отобразит такое приглашение:

Select object to trim or shift-select to extend or

[Fence/Crossing/Project/Edge/eRase/Undo]:

4. Укажите мышью фрагмент, который нужно удалить. В нашем случае это часть линии, находящаяся между двумя граничными отрезками. Поскольку больше ничего удалять не нужно, нажмите <Enter> для выхода из команды.
5. Сохраните чертёж под именем «Занятие 12».

Копирование и массивы

Продолжим чертить деталь, представленную на рис. 1. Откройте чертёж «Занятие 12».

Сейчас мы создадим отверстия в углах пластины и группу отверстий в её центре (см. рис.4). при выполнении этого задания вы поймёте, как максимально эффективно осуществляется черчение нескольких одинаковых объектов.

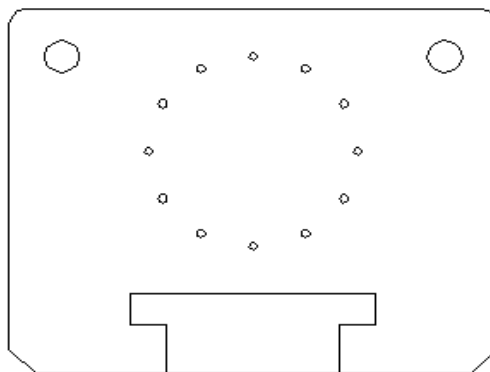


Рис. 4

1. Вызовите команду Круг (*Circle*) и создайте в левом верхнем углу пластины окружность радиусом 10.
2. Вторую окружность создайте методом копирования, вызвав команду Копировать (*Copy*) из меню Редактировать (*Modify*), но не из меню Правка (*Edit*)! Эта команда копирует указанные объекты и позволяет расположить их в заданных координатах. Отметьте подлежащие копированию объекты и определите две точки: базовую (точку, откуда копировать) и точку смещения (точку, куда копировать). После вызова команды вы увидите следующий диалог:

Команда: *_copy*

Выберите объекты:

3. Выберите с помощью мыши окружность и нажмите *Enter*, указывая тем самым на окончание процесса выбора. Команда выдаст запрос:

Specify base point or displacement, or [Displacement]:

Укажите центр окружности в качестве базовой точки, после чего получите следующий запрос:

Задайте вторую точку или <Используйте первую как замещение>:

Щёлкните мышью в точке, где должен располагаться центр скопированной окружности, и таковая появится в заданной позиции.

Теперь приступим к созданию группы отверстий в центральной части пластины. В случае черчения вручную задача такого рода отнимает довольно много времени. В AutoCAD имеется команда *Массив (Array)*, которая строит массивы объектов. С её помощью очень просто создавать фрагменты чертежей, которые состоят из одинаковых объектов, расположенных в определённом порядке. При работе с этой командой вы должны выбрать объекты, на основе которых будет создан массив, и определить параметры массива.

4. Сначала с помощью команды *Круг (Circle)* в верхней части пластины начертите окружность радиусом 2.5. По вертикали её центр должен быть расположен посередине пластины.
5. Вызовите команду *Массив (Array)* из меню *Редактировать (Modify)*, и AutoCAD отобразит диалоговое окно, в котором можно ввести параметры массива и увидеть, как он будет выглядеть. Программа позволяет строить массивы двух видов: *Прямоугольный массив (Rectangular Array)* и *Круговой массив (Polar Array)*. По умолчанию предлагается строить прямоугольный массив.

Для прямоугольного массива задаётся количество рядов и столбцов (поля *Rows* и *Columns*), а также расстояние между рядами и столбцами (*Row offset* и *Column offset*). В прямоугольном массиве исходное множество объектов находится в его левом нижнем углу. Для создания массива в направлении – *X* или – *Y* можно ввести отрицательное значение расстояния между строками или столбцами.

Если вы хотите создать прямоугольный массив, повернутый под углом, введите значение угла в поле *Угол поворота (Angle of array)* или воспользуйтесь кнопкой со стрелкой, находящейся рядом с этим полем, и задайте угол с помощью мыши.

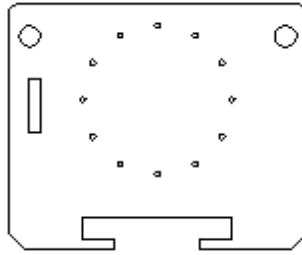
6. Нам нужно создать полярный массив, поэтому выберите опцию *Круговой массив (Polar array)*.
7. Нажмите кнопку «Выбор объектов» (*Select objects*) в правой верхней части окна и укажите окружность, которая должна образовать массив. Чтобы выйти из режима выбора объектов, нажмите <Enter>.
8. Введите координаты центра массива в поля *X* и *Y* области *Центр (Center point)* либо нажмите кнопку рядом с этими полями и укажите центр массива мышью.
9. В списке *Метод построения (Method)* выберите первый пункт – *Число элементов и Угол (Total number of items & Angle to fill)*. Задайте Число элементов массива равным 12.
10. Нажмите кнопку *Preview (Просмотр)*. Произойдёт переход в область черчения, и вы увидите, какой массив создали. Окно *Array* будет содержать только три кнопки, с помощью которых вы можете принять установки массива, изменить их или отменить команду. Если результат вас устраивает, нажмите кнопку *Принять (Accept)*. Сравните полученный чертёж с представленным на рис.4.

Поворот и зеркальное отображение объектов

Продолжим чертить деталь, представленную на рис. 1.

На пластине имеется два прямоугольных отверстия, которые расположены симметрично. В этом упражнении показано, как их можно создать с наименьшими затратами времени.

1. Вызовите команду *Прямоугольник (Rectang)* и слева начертите вертикально ориентированный прямоугольник.



2. Поверните прямоугольник на 30 градусов. Эту операцию можно выполнить с помощью команды Вращать (*Rotate*), вызвав её из панели инструментов или меню Изменить (*Modify*). Командная строка теперь выглядит так:

Команда: `_rotate`

Текущие установки отсчета углов в ПСК: `ANGDIR=против ч/с`
`ANGBASE=0`

Выберите объекты:

Примечание: командой *Rotate* управляют две системные переменные: *ANGDIR* определяет направление угла поворота (против или по часовой стрелке), а *ANGBASE* – значение базисного угла.

3. Воспользовавшись мышью, отметьте прямоугольник и нажмите <Enter>. AutoCAD выдаст запрос на ввод точки, которая будет служить центром поворота:

Базовая точка:

4. Задайте в качестве таковой правый нижний угол прямоугольника (при необходимости воспользуйтесь объектной привязкой), а затем введите значение угла поворота:

Указать угол вращения или [копировать/сослаться] <0>:

5. Поскольку нам нужно повернуть прямоугольник по часовой стрелке, введите отрицательное значение угла поворота (-30). После этого AutoCAD выполнит операцию поворота.

В правой части пластины требуется начертить ещё одно прямоугольное отверстие. Его можно создать, воспользовавшись зеркальным отображением отверстия, которое мы начертили ранее. Данная операция осуществляется командой Зеркало (*Mirror*). Сначала команда просит отметить имеющиеся на чертеже объекты, для которых будет создан зеркальный образ. Затем вы должны будете задать две точки, определяющие ось отражения, длина которой значения не имеет. После этого команда Зеркало (*Mirror*) создаст зеркальное отражение исходных объектов, которые при необходимости могут быть удалены.

6. Вызовите команду Зеркало (*Mirror*) из панели инструментов Изменить (*Modify*). В результате этого в командной строке появится очередной диалог:

Команда: `_mirror`

Выберите объекты:

7. Выделите прямоугольник с помощью мыши, нажмите клавишу *Enter*, и на экране появится такое приглашение:

Первая точка оси отражения:

8. Программа просит указать первую точку оси отражения. Сделайте это, воспользовавшись, опять-таки, мышью. После этого отобразится запрос на ввод второй точки оси отражения:

Вторая точка оси отражения:

9. Когда вы её укажете, AutoCAD спросит, удалять ли выбранные для отражения объекты:

Удалить исходные объекты? [Да/Нет] <N>:

Нажмите <Enter> или введите *N* (*Нет*), чтобы сохранить оба множества объектов (чтобы сохранить только отражённое множество, нужно ввести *Д* (*Да*)).

Сохраните чертёж под именем «Занятие 12». Сравните полученный чертёж с заданием. Он полностью готов.

Создание сопряжений

Создадим чертеж сечения рельса (рис. 1).

С помощью конструктивной линии начертите центральную линию, которую мы потом заменим на осевую. Конструктивная линия вертикальная, проходит через точку (0,0).

Перейдем к вычерчиванию правой половины контура рельса. Вызовите команду Линия (Line) и введите следующие точки: (0,0) (57,0) (57,9) (39.6,9) (6.5,20) (6.5,95.8) (34,105) (34,135) (0,135).

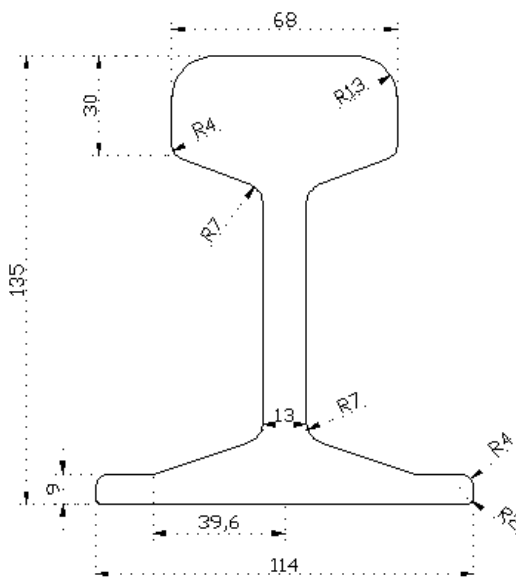


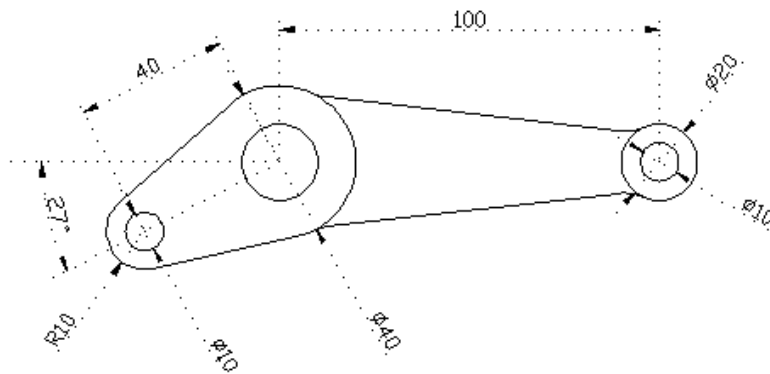
Рисунок 1. Чертеж сечения рельса

В результате получилась половина профиля рельса, но без радиусов. Выполните сопряжения линий теми радиусами, которые заданы на рисунке 1. С помощью команды Зеркало (Mirror) создайте левую половину объекта. Сохраните чертеж в свою папку под именем Рельс.dwg.

Задание 2.

Научимся создавать сопряжения второго вида.

Для этой цели нарисуем коромысло (рис. 3):



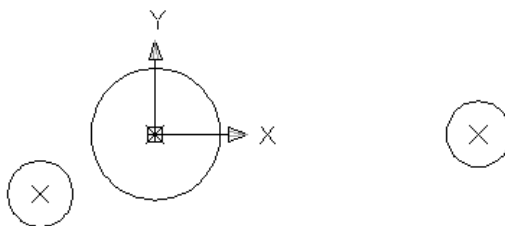
Отличие данного чертежа от предыдущего состоит в том, что дуги (части окружностей) привязаны к строго определенным центрам, а сопрягающие их отрезки

линий не заданы конкретными размерами. В первом случае все было наоборот: отрезки линий точно определены координатами, а центры сопрягающих дуг не указаны.

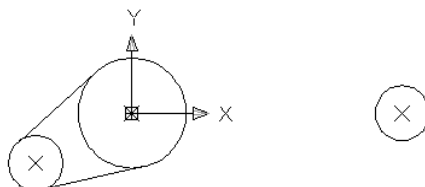
Для выполнения сопряжений второго вида необходимо найти точки сопряжения.

Сначала обозначим точки центров трех отверстий. Эти точки будут иметь вид крестиков. Одну точку начертите с координатами (100,0), вторую – (0,0), третью – в заданной позиции от второй @40<207.

Начертим три окружности с центрами в созданных точках. Для этого включите объектную привязку к точке (щелкните правой кнопкой мыши на кнопку ПРИВЯЗКА, выберите пункт Настройки и в окне установите переключатель Узел). Радиус центральной =20, а две крайние – по 10 мм.

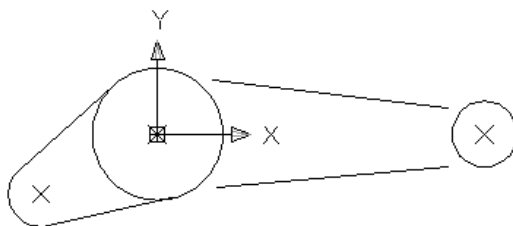


Включите режим привязки Касательная. Вызовите команду Линия (Line) и проведите касательные от левой окружности к средней:



Начертим правую часть коромысла. Размеров для её построения нет, поэтому будем рисовать по собственному усмотрению.

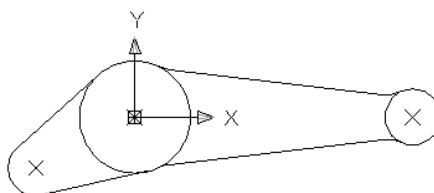
Отключите режимы ОРТО (ORTHO) и ШАГ (SNAP). В данном случае не имеет значения длина этой линии, точнее, положение её концов от нарисованных ранее окружностей. В дальнейшем, когда программа будет вводить радиусы сопряжения, она автоматически удлинит короткие концы линий или укоротит длинные. Начертите 2 линии в правой части (вторую линию можно получить зеркальным отражением первой относительно оси X):



Для сопряжения наклонной линии с двумя окружностями выполним следующее:

Fillet – r – 5 – выделите линии, которые будете сопрягать. При этом немаловажное значение имеет место на окружности, где вы щелкните мышью. От этого будет зависеть, в какую сторону будет выполнено сопряжение. Радиус будет обращен в ту сторону, куда вы щелкните мышью.

Получили следующий чертеж:



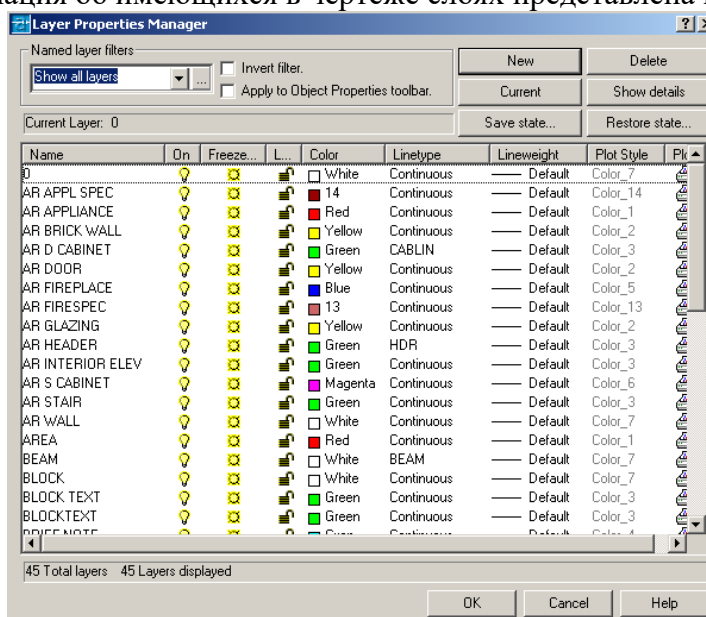
Воспользуйтесь командой Обрезка (Trim), чтобы удалить лишние части окружности с чертежа. Границами обрезки будут служить линии касания.
В заключение начертите недостающие окружности и удалите точки разметки.

Работа со слоями

1. Запустите AutoCAD и откройте файл db_samp.dwg из папки C:\Program Files\ AutoCAD 2008\Sample. Перейдите на вкладку Model, увеличьте изображение (колесиком мыши или кнопкой Zoom стандартной панели инструментов). Вы увидите, что в чертеже применяются линии нескольких цветов.

Самый простой способ управления слоями предоставляет диалоговое окно «Layer Properties Manager». Его можно вызвать выбором значка Layer (Слой) на панели свойств объектов или команды Layer из меню «Format».

2. Откройте окно «Layer Properties Manager» одним из указанных выше способов. Как видите, информация об имеющихся в чертеже слоях представлена в виде таблицы.



Выше указан текущий слой (Current Layer) Это слой, в котором можно чертить объекты в данный момент.

3. Сделайте текущим слой AREA – выделите его и нажмите кнопку «Current». Обратите внимание на изменения в окне Layer Properties Manager. Опять сделайте слой 0 текущим.
4. Создайте новый слой «Проба». Для этого нажмите кнопку «New», появится новый слой с именем «Layer 1», имеющим цвет White (белый), тип линии Continuous и вес линии Default (По умолчанию). Переименуйте слой, присвоив имя «Проба».
5. Удалите слой «Проба», выделив его в списке и нажав кнопку «Delete».

Имеется возможность сортировки слое по какому-то признаку. Для этого нужно щелкнуть на заголовке столбца. Двойной щелчок сортирует в обратном порядке.

6. Например, нам необходимо заморозить все слои, представленные желтым цветом. Щелкните на заголовке столбца Color. После этого все слои в списке будут упорядочены по цвету. Выделите первый желтый слой щелчком на его имени. Нажмите клавишу Shift и, удерживая ее, щелкните мышью на последний желтый слой. Теперь все желтые слои выделены, и вам осталось щелчком мыши в столбце Freeze любого выделенного слоя заморозить их. Выйдите из окна Layer Properties Manager, нажав кнопку «OK». Как видите, желтые линии на чертеже отсутствуют.

7. Вернитесь в окно Layer Properties Manager и разморозьте желтые слои. Выйдите из окна.

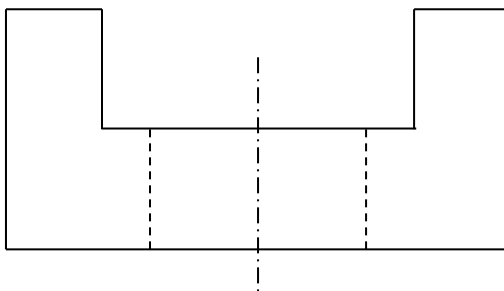
На панели свойств имеется список, ускоряющий управление слоями (первый раскрывающийся список). В свернутом виде в нем отображается текущий слой. При разворачивании в нем отображаются все имеющиеся слои и их свойства. При выборе слоя в списке он становится текущим. С помощью этого списка можно поменять текущий слой, изменить свойства слоев, но нельзя создать новый.

Если на чертеже много слоев, то при работе можно использовать фильтр списка слоев.

8. Предположим, что нам нужно отобразить только те слои, имена которых начинаются на «AR» и работать с ними. Нажмите в окне Layer Properties Manager кнопку раскрывающегося списка «Named layer Filters», и перед вами появится одноименное окно. Оно позволяет определить, какие слои будут представлены в списках. В нем можно задавать до 11 критериев отбора слоев. Присваивая критерию значение Both или *, вы задаете отображение всех удовлетворяющих свойству слоев.
9. Введите в поле Layer Name символы AR*. Затем задайте имя AR-слои в поле «Filter Name» (Имя фильтра), нажмите кнопку Add (Добавить) и закройте окно. Новый фильтр создан.
10. Установите опцию «Apply to Object Properties toolbar» (Применить к панели инструментов) в окне Layer Properties Manager. Выберите в списке Named Layers Filters элемент AR-слои (тем самым Вы задаете, чтобы в списке слоев на панели свойств отображались только те слои, которые вы отбираете с помощью созданного фильтра). Проверьте список слоев. Нажмите в окне кнопку «ОК», чтобы вернуться к чертежу.
11. Проверьте список слоев в панели свойств. Действительно ли он содержит лишь имена слоев, начинающиеся с букв AR? Вернитесь в окно «Layer Properties Manager» и выберите из списка фильтров элемент «Show All Layers» (Показывать все слои). Нажмите кнопку «ОК» и снова просмотрите список слоев панели свойств. Он должен содержать имена всех слоев.
12. Закройте файл, не сохраняя изменений.

Упражнение 2. Управление свойствами объектов.

1. Создайте новый чертеж с метрическими установками.
2. Откройте окно «Layer Properties Manager» и создайте три новых слоя: «Основные», «Штриховые» и «Осевые». Используйте кнопку «New» После ввода имени слоя нажимайте «Enter».
3. Выберите слой «Штриховые» и задайте для него соответствующий тип линий, щелкнув в столбце Linetype. На экране появится окно «Select Linetype», однако выбирать в нем не из чего. Поэтому нажмите кнопку «Load», чтобы открыть окно загрузки типа линии. Отметьте в этом окне первый и третий элементы списка (при выборе удерживайте клавишу CTRL нажатой) и щелкните на кнопке «ОК». После этого в окне Select Linetype добавятся два типа линий.
4. Выделите штриховой тип линии, чтобы назначить его слою «Штриховые» и нажмите «ОК».
5. Назначьте для слоя «Осевые» штрихпунктирный тип линии.
6. Назначьте для вновь созданных слоев разные цвета. Например, сделайте слой «Основные» синим, слой «Штрихпунктирные» зеленым, а слой «Осевые» голубым. Для этого в строке нужного слоя щелкните свойство Color и в открывшемся окне «Select Color» выберите цвет.
7. Сделайте текущим слой «Основные», нажмите «ОК».
8. Начертите основные (сплошные) линии следующего чертежа. Обратите внимание, что они должны быть представлены непрерывной линией синего цвета.



9. Сделайте текущим слой «Осевые» (для этого можно воспользоваться списком слоев в панели свойств). Установите привязку и начертите ось объекта. Как видите, она представлена штрихпунктирной линией голубого цвета.
10. Сделайте текущим слой «Штриховые» и начертите границы отверстия (они будут представлены штриховой линией зеленого цвета).

В данном случае мы не назначали свойства объектов явно, поэтому объекты унаследовали свойства, заданные для слоя. Поэтому в свойствах этих объектов записано «ByLayer» (По слою). Чтобы увидеть свойства объекта, можно выделить объект и посмотреть в панели свойств.

11. Текущим в данный момент является слой «Штриховые». Выделите синюю линию и посмотрите на панель свойств. В ней указан слой «Основные», а цвет, тип и вес линии «ByLayer» (По слою).
12. Вызовите команду «Properties» (Свойства) из меню Modify. Появится окно свойств. Измените цвет выбранной линии. Для этого в окне свойств щелкните в строке свойства Color, а затем выберите в списке нужный цвет. Закройте окно свойств и посмотрите на панель свойств – теперь цвет объекта в ней задан явно и не зависит от слоя. Аналогичные изменения можно произвести и в панели свойств.
13. Отмените выделение объектов, нажав «Esc». Вызовите команду Linetype из меню «Format», на экране появится окно «Linetype Manager» (Мастер типов линий). В отличие от аналогичного окна «Select Linetype» он присваивает свойства не слоям, а объектам. Если задать здесь тип линии, то все объекты будут чертиться им независимо от типа по слою.
14. Выберите тип Continues и нажмите «Current» (Текущий). Нажмите «ОК». Попробуйте начертить несколько линий. Вы увидите, что несмотря на то, что текущий слой «Штриховые», линии будут сплошными.
15. Откройте то же окно и установите тип «ByLayer».
16. Вызовите из меню «Format» команду «Color» и поменяйте текущий цвет.
17. Вызовите из меню «Format» команду «Lineweight» и поменяйте текущий вес линии. При этом установите флажок «Display Lineweight». Тогда заданная толщина линий будет отображаться на экране. Обычно толщина на экране не отображается, чтобы не мешала при работе. Однако, она выводится на печать.
18. Начертите несколько отрезков с новыми свойствами.
19. Предъявите результаты работы преподавателю.
20. Законспектируйте выполненную работу.
21. Закройте чертеж, не сохраняя его.

Контрольные вопросы

1. Как изменить радиус сопряжения?
2. Какие параметры требует задать команда обрезки?
3. Какие параметры требует задать команда продления?

4. Какие параметры требует задать команда Фаска?
5. Какие параметры требует задать команда Зеркало?
6. Как настроить привязку к точкам касания?
7. Что такое слои?
8. Как сделать слой текущим?
9. Как отсортировать слои по заданному параметру?
10. Как переместить объект из одного слоя в другой?
11. Как открыть Менеджер слоев?
12. Как создать и использовать фильтры слоев?

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме:

1. Орлов, А. AutoCAD 2014 / А. Орлов. - СПб. : Питер, 2014. - 384 с. : ил. - Прил.: с. 382. - ISBN 978-5-496-00761-0
2. Инженерная и компьютерная графика : лабораторный практикум / авт.-сост. Т.И. Дровосекова ; Сев.-Кав. федер. ун-т. - Ставрополь : СКФУ, 2014. - 2015. - Библиогр.: с. 159
3. Семенова, Н.В. Инженерная графика : учебное пособие / Н.В. Семенова, Л.В. Баранова. - Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2014. - 89 с. : схем., табл., ил. - Библиогр.: с. 71. - ISBN 978-5-7996-1099-9 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275945>

Лабораторная работа 18. Оформление чертежей и проектной документации в AutoCAD.

Цель работы:

Изучить работу с текстом, создание, редактирование свойств текста, создание и настройку стилей текста, вставку специальных символов. Научиться создавать шаблоны чертежей, создать рамки чертежей разных форматов.

Теоретическая часть.

Текст в AutoCAD чертится с помощью команд Dtext и Mtext. Команда Dtext создает строки текста (однострочный текст), а команда Mtext – абзац текста (многострочный текст). Команды можно вызвать из меню Draw, а на панели Draw есть кнопка Mtext .

Команда Dtext требует задания начальной точки строки текста:

Specify start point of text:

После задания стартовой точки появится запрос высоты символов:

Specify height: (например, 10, т.е. высота текста 10 единиц)

Появится запрос на задание угла наклона строки текста (по умолчанию горизонтальный текст). После задания этих параметров AutoCAD выдаст запрос на ввод текста:

Enter text:

В ответ на это приглашение можно вводить нужный текст. Если нужно ввести несколько строк в разных местах чертежа, то после ввода строки нужно щелкать мышью в следующем месте.

Большие блоки текста формируют командой Multiline Text. При этом мышью задается прямоугольная область, в которой должен располагаться текст. После этого задается высота текста. Откроется диалоговое окно Multiline Text Editor (Текстовый редактор). В этом окне можно вводить текст, символы, отсутствующие на клавиатуре, менять стиль и текст шрифта.

Оборудование и материалы.

Персональный компьютер, программа AutoCAD.

Указания по технике безопасности:

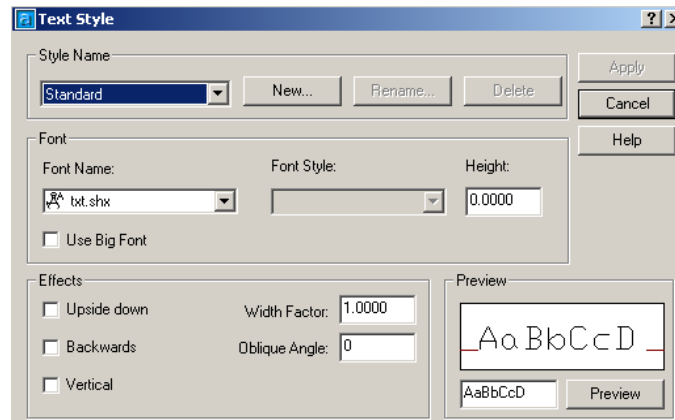
Соответствуют технике безопасности по работе с компьютерной техникой.

Задания

Однострочный текст.

1. Вызовите из меню Рисование <Draw> команду <Текст><Однострочный текст> или введите **_dtext** в командной строке. Эта команда позволяет создавать и форматировать надписи на экране в поле чертежа.
 - На вопрос командной строки *Начальная точка текста или [Выравнивание/Стиль]:* задайте нижнюю левую точку надписи (мышью или введите координаты с клавиатуры).
 - На вопрос *Высота:* введите высоту надписи в миллиметрах (например, 2.5). Нажмите «Enter».
 - На вопрос *Угол поворота текста <0>:* введите угол наклона текста от горизонтали (например, 0). Нажмите «Enter».

- Далее вводите нужный текст на чертеже (напишите ПРОБА). Нажмите «Enter». Курсор перейдет на следующую строку. Можно продолжить ввод текстовых строк или еще раз нажать «Enter».
- 2. Воспользуйтесь командой Zoom с опцией Window (меню <View>) чтобы увеличить надпись. Шрифт Txt.shx достаточно прост и пригоден, в основном, для эскизов и заметок на полях.
На чертежах, отвечающих строгим требованиям ЕСКД, надписи таким шрифтом выполнять нельзя. Поэтому нужно установить в чертеже свои шрифты (текстовые стили).
- 3. Вызовите из меню <Формат> команду <Стиль текста>. На экране появится диалоговое окно:



В списке «Font Name» перечислены все шрифты AutoCAD и Windows. Шрифты AutoCAD обозначены символом  и расширением .shx.

- 4. Щелкните по кнопке «New», задайте имя стиля (имя должно быть коротким, т.к. при вызове команды нужно будет вводить его с клавиатуры). Задайте в качестве имени цифру 1 (если нужно переименовать созданный шрифт, нажмите кнопку «Rename»).
 - В списке «Font Name» выберите нужный шрифт, просматривая его вид в окне «Preview». Для первого стиля выберите тип *Simplex.shx*.
 - В поле «Height» задайте высоту шрифта 2.5.
 - В поле «Width Factor» задайте коэффициент сжатия, он удобен, когда нужно помещать текст в узкие графы основной надписи чертежа. В нашем примере задайте 0.8.
 - В поле «Oblique Angle» задайте наклону шрифта значение 15 – это соответствует обычному углу 75° к горизонтальной линии.
 - В списке «Font Style» можно выбрать варианты начертания (жирный, наклонный и т.д.).
- 5. Закончив все установки для первого стиля, нажмите кнопку «Apply» (Применить) и переходите к созданию следующих стилей.
- 6. Создайте следующий набор рекомендуемых шрифтов для надписей.

Имя стиля	Шрифт	Высота	Сжатие	Наклон
1	Simplex.shx	2.5	0.8	15
2	Times New Roman	2.5	0.9	0
3	Times New Roman	3.5	1	0
4	Courier New	5	1	0
5	Courier New	5	0.7	0

- 7. Вызовите команду DTEXT. Чтобы поменять стиль текста, введите с клавиатуры букву S, нажмите <Enter>. В ответ на приглашение программы введите имя стиля (например, 1).

- В командной строке появится приглашение *Specify start point:*. Обозначьте начало текста щелчком мыши или введите координаты.
- В ответ на приглашение *Specify rotation angle of text:* задайте угол поворота надписи (по умолчанию 0°, т.е. горизонтальный).
- В ответ на приглашение *Enter text:* вводите нужный текст. Чтобы создать следующую строку, нажмите <Enter>. Чтобы ввести текст в другом месте, щелкните в нем левой кнопкой мыши.

8. Специальные символы в чертеж можно вводить с помощью следующих кодов:

Код	Результат	Описание
%%c	∅	Диаметр
%%d	°	Градусы
%%p	±	Плюс-минус
%%nnn	Меняется	Код символа ASCII (вводится на числовой клавиатуре, удерживая «ALT»)

9. Создайте в разных местах чертежа разными стилями под разным углом наклона следующие надписи:

- Примечание 1;
- Примечание 2;
- Фаска 45°;
- Стальная деталь ∅
- Столик выпиловочный ±.

Многострочный текст.

Большие блоки текста (многострочный текст) удобно формировать командой Multiline Text (Mtext). При этом задается прямоугольная область, в которой должен располагаться текст.

Создадим на чертеже блок текста с техническими требованиями.

- 1) Вызовите команду Mtext (из меню Draw или набрав в командной строке). AutoCAD выведет приглашение ввести первую точку: *Specify first corner:* .
- 2) Задайте первый угол прямоугольника, в котором должен размещаться текст. Программа попросит ввести следующий угол, расположенный по диагонали относительно первого:

Specify opposite corner or [Height/Justify/Line spacing/Rotation/Style/Width]:

Здесь указан перечень всех поддерживаемых командой опций (размер текста, выравнивание поворот, стиль и т.д.). Их можно задать на этом этапе или в окне редактора.

- 3) На этом этапе поменяем высоту символов. В ответ на приглашение введите опцию *h (height)*. Появится приглашение на ввод высоты текста *Specify height:* . Введите значение высоты 7. На экране отобразится приглашение ввести вторую точку прямоугольника. Когда вы это сделаете (мышкой или координаты с клавиатуры), откроется окно Multiline Text Editor (Текстовый редактор).
- 4) Введите следующий текст технических требований. Обратите внимание, что перенос слов на новую строку осуществляется автоматически. Если необходимо принудительно создать новую строку, нажмите «Enter».

1. Острые кромки притупить.

**2. Фаски в отв. 0,5 × 45° с
обеих сторон.**

**3. Покрытие АН.Окс.Ч.
(чернение).**

Ввод символов, отсутствующих на клавиатуре (плюс/минус, диаметр, градус, неразрывный пробел), осуществляется с помощью панели Symbol. При выборе в ней элемента *Other* открывается окно с таблицей символов, предоставляющей доступ ко всем символам шрифта.

Для ввода символа градуса можно в списке Symbol выбрать пункт Degree или воспользоваться таблицей символов. Чтобы вставить символ $\frac{1}{4}$, нужно открыть окно Symbol, выделить нужный символ, после чего он появится в поле «Для копирования».

- 5) Нажмите кнопку «Копировать», чтобы скопировать выбранный символ в буфер обмена Windows, а затем закройте окно. В текстовом редакторе поместите курсор в позицию, где должен находиться символ. Нажмите правую кнопку мыши и выберите в контекстном меню команду «Paste» (Вставить).
- 6) В списке цветов (по умолчанию цвет белый) задайте цвет текста красным, полужирным курсивом (список и кнопки в верхней части редактора).
- 7) В окне текстового редактора имеются 4 вкладки. Рассмотрим назначение каждой из них.
 - Вкладка Character используется для редактирования отдельных символов – типа, цвета, высоты, начертания шрифта.
 - Вкладка Properties используется для определения формата абзаца в целом – стиля текста (список Style), выравнивания (список Justification), ширины абзаца (Width) и угла поворота (Rotation).
 - Вкладка «Line Spacing» позволяет установить расстояние между строками абзаца.
 - Вкладка «Find/Replace» (Найти/Заменить) позволяет находить и заменять фрагменты текста.
- 8) Установите межстрочное расстояние на вкладке «Line Spacing» равным единице – Single(1x).
- 9) Продемонстрируйте преподавателю результаты работы.

Редактирование текста.

Для редактирования уже созданного блока текста необходимо дважды щелкнуть на нем левой кнопкой мыши. Откроется окно текстового редактора, в котором можно отредактировать и отформатировать текст.

Создание шаблона

1. Создайте новый чертеж.
2. Откройте окно менеджера работы со слоями (Формат – Слой...).
3. Создайте следующие 5 слоев:

Имя слоя	Color (Цвет)	Linetype (Тип линии)	Lineweight (вес линии)
0	White – белый	Continuous	Default
Основная-06	Yellow – желтый	Continuous	0.6 мм
Штриховая-04	Green – зеленый	Acad_Iso 02w100	0.4 мм
Тонкая-02	Cyan – голубой	Continuous	0.2 мм
Layer1	№ 8 - серый	Continuous	Default

4. Теперь перейдем к установке шрифтов. Создайте 5 новых текстовых стилей:

Style name (Имя стиля)	Font name (Шрифт)	Height (Высота)	Width Factor (Ширина)	Oblique Angle (Наклон)
1	Simplex.shx	2.5	0.8	15

2	Times New Roman	2.5	0.9	0
3	Times New Roman	3.5	1	0
4	Courier New	5	1	0
5	Courier New	5	0.7	0

5. Установите шаг сетки 5 (5 мм), а шаг привязки 1 (1 мм). Увеличьте масштаб сетки на весь экран (Вид – Масштаб – Все, View – Zoom – All).

6. Установите стиль точек, которые мы будем использовать в следующих чертежах для разметки. Откройте окно «Отображение точек», выберите точку в виде крестика × и установите флажок «Относительно экрана». Данная установка предполагает, что размер условного изображения точки во время рисования будет всегда одинаковым и в дальнейшем он будет пропорционально изменяться при изменении видимого размера чертежа.

7. Сохраните шаблон. Для этого в меню «Файл» выберите «Сохранить как...». В открывшемся окне в списке «Тип файла» выберите «Шаблон рисунка AutoCAD (*.dwt)». Напишите имя «Шаблон_1», нажмите кнопку «Сохранить». Файл автоматически запишется в папку шаблонов **Template** под именем **Шаблон_1.dwt**.

Позже дополним шаблон новыми установками, например, размерным стилем.

Оформление чертежных листов

В соответствии с жесткими требованиями ЕСКД для выполнения чертежей установлены форматы листов и соответствующее их оформление. В обычной практике такие листы называют форматками. Создадим форматку А4, изображенную на рис. 1.

1. Загрузите созданный Шаблон-1.dwt.

2. В строке свойств выберите слой «Тонкая-02».

3. Вызовите команду Line и начертите прямоугольник с координатами (0,0), (210,0), (210,297), (0,297). Мы получили рамку, ограничивающую края листа.

4. Сделайте текущим слой «Основная-06». Начертите прямоугольник с координатами (20,5), (20,292), (205,292), (205,5). Получили рамку форматки.

5. Теперь начертим основную надпись в нижней части форматки. Для формата А4 она занимает всю нижнюю часть, а для других форматов – находится справа. Увеличьте нижнюю часть чертежа. Вызовите команду Line и чертите согласно размерам (рис. 1) в порядке, указанном на рис. 2. Для черчения используйте привязку к сетке. Для формата А4 линия №1 не потребуется.

6. В верхнем левом углу форматки находится графа дублирования обозначения чертежа. Увеличьте эту часть чертежа, вызовите Line и начертите прямоугольник с соответствующими размерами.

7. Теперь предстоит вычертить несколько тонких линий в нижней левой части форматки (см. рис. 1). Это однотипные линии, которые расположены на одинаковом расстоянии друг от друга. Для такого случая целесообразно использовать команду Array.

8. Установите текущим слой «Тонкая-02», вызовите Line и, пользуясь привязкой к сетке, начертите нижнюю линию на расстоянии 5 мм от края.

9. Выделите линию, вызовите команду Array (Массив) из меню Modify. В открывшемся диалоговом окне выберите тип массива – Rectangular Array (Прямоугольный), Задайте количество строк (Rows) - 10, а количество колонок (Columns) – 1. В строке Row Offset (расстояние между строками) задайте цифру 5 (5 мм). В строке Column Offset (шаг между столбцами) можно задать любое значение, т.к. нам нужен только один столбец. Нажмите «ОК».

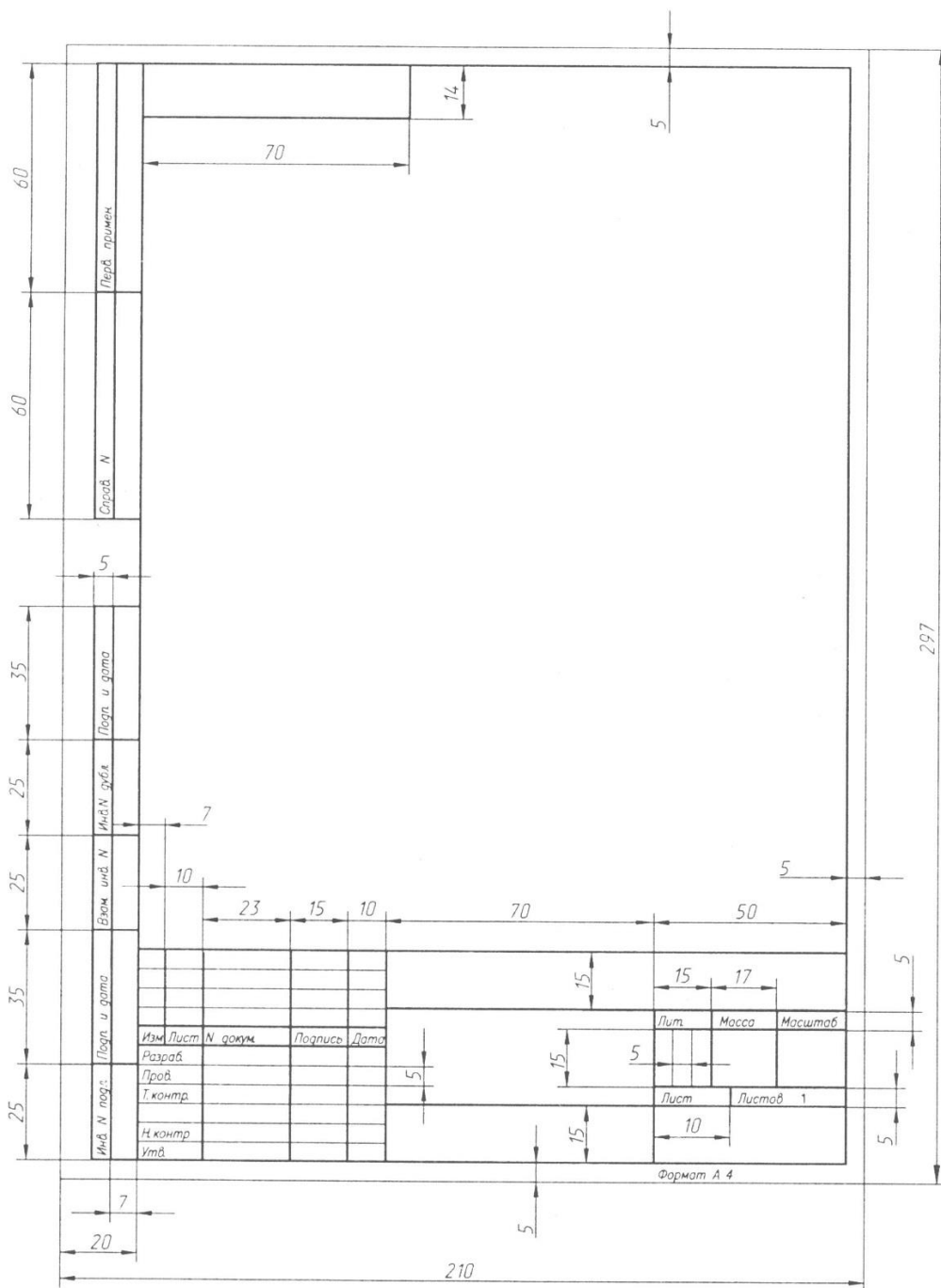


Рисунок 1. Форматка А4

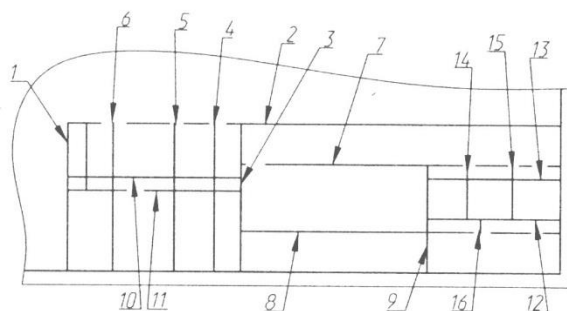


Рисунок 2. Порядок построения основной надписи.

10. Н чертеже две вновь созданные линии перекроют ранее вычерченные линии №10 и №11, поэтому новые линии необходимо удалить. Вызовите команду Erase, выделите эти линии и нажмите «Enter». После удаления двух голубых линий №10 и № 11 на их месте

останутся ранее вычерченные желтые линии, соответствующие основной линии шириной 0.6 мм.

11. Вызовите Line и дочертите две тонкие вертикальные линии в правой части основной надписи, предназначенной для литеры (см. рис. 1).

12. Начертим дополнительные графы, расположенные в поле для подшивки. Нанесем вспомогательные маркеры в узловых точках. Сделайте текущим слой «Layer 1». Задайте тип точек в виде x. Вызовите команду Point и нанесите маркеры в следующих точках: (8,30), (8,65), (8,90), (8,115), (8,150), (8,172), (8,232), (8,292).

13. Установите текущим слой «Основная-06» и, используя команду Line, по маркерам и сетке начертите все графы в поле для подшивки (пользуясь рис.1).

14. Теперь нужно отключить слой, в котором проводились вспомогательные построения. Откройте окно «Layer Properties Manager» и в строке слоя Layer 1 щелкните на изображение лампочки левой кнопкой мыши, лампочка «погаснет». Нажмите «ОК». Вы вернетесь в поле чертежа, а серого слоя (которым чертили вспомогательные точки) не будет.

15. Заполним форматку надписями. Сделайте текущим слой «Тонкая-02». Вызовите команду dtext. Задайте для надписей стиль 1. Заполните все графы штампа согласно рис. 1.

16. Задайте стиль текста 2 и введите в нужных местах фамилии – свою и преподавателя.

17. Сохраните чертеж в папке «Мои документы». Предъявите результаты работы преподавателю.

Аналогичным образом начертите форматку А1 с альбомной ориентацией (расположенную горизонтально).

Контрольные вопросы

1. Чем различаются команды Однострочный текст и Многострочный текст?
2. Какие существуют способы вставки специальных символов в текст?
3. Как изменить свойства уже созданной строки текста?
4. Как создать новый текстовый стиль?
5. Как загрузить дополнительный шрифт?
6. Как создать вертикальную строку текста?
7. Какое расширение имеет файл шаблона?
8. Для чего применяются шаблоны?
9. Как создать документ на основе шаблона?
10. Как создать новый шаблон?
11. Как изменить формат чертежа?

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме:

1. Орлов, А. AutoCAD 2014 / А. Орлов. - СПб. : Питер, 2014. - 384 с. : ил. - Прил.: с. 382. - ISBN 978-5-496-00761-0
2. Инженерная и компьютерная графика : лабораторный практикум / авт.-сост. Т.И. Дровосекова ; Сев.-Кав. федер. ун-т. - Ставрополь : СКФУ, 2014. - 2015. - Библиогр.: с. 159
3. Семенова, Н.В. Инженерная графика : учебное пособие / Н.В. Семенова, Л.В. Баранова. - Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2014. - 89 с. : схем., табл., ил. - Библиогр.: с. 71. - ISBN 978-5-7996-1099-9 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275945>

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Пятигорский институт (филиал) СКФУ

Методические указания
по выполнению контрольной работы
по дисциплине «Основы компьютерного моделирования»
для студентов направления подготовки
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Пятигорск 2026 г.

ВВЕДЕНИЕ

Электроника – одна из наиболее бурно развивающихся наук, в значительной степени определяет современное состояние техники. Именно благодаря её развитию стремительно меняются машиностроение, вычислительная техника, автоматика. Электронные схемы общего назначения являются разновидностью электрических схем, методика расчета которых имеет свои особенности, обусловленные нелинейностью и, иногда, неопределенностью характеристик электронных приборов. Несмотря на большое количество выпускаемых электронной промышленностью полупроводниковых элементов расчету электронных схем присущи вполне определенные закономерности; существует сравнительно небольшое количество правил, методов и практических приемов, позволяющих выполнить ориентировочный расчет электронного устройства.

Выполнение контрольной работы по дисциплине «Основы компьютерного моделирования» выполняются с использованием пакета программ моделирования электронных схем «Electronics Workbench».

Задание. Расчет схем с полупроводниковыми диодами

Основные теоретические сведения

Диод представляет собой двухслойную полупроводниковую структуру с двумя выводами, получившими названия анод и катод (рис 1.1).

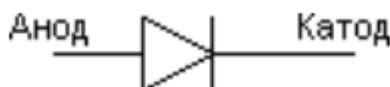


Рис. 1.1. Условное обозначение диода

Параметры и режим работы диода определяются его вольтамперной характеристикой, иллюстрирующей зависимость протекающего через диод тока I от приложенного напряжения U . Типовая вольтамперная характеристика прибора показана на рис. 1.2.

Приложенное к диоду напряжение может быть разной полярности.

Положительным принято считать напряжение между электродами, приложенное плюсом к аноду прибора, минусом - к катоду.

При положительном напряжении через диод протекает прямой ток, резко возрастающий при увеличении напряжения. Максимальное значение прямого тока $I_{\text{макс}}$ нельзя превышать из-за возможного перегрева диода и выхода его из строя. При максимальном значении тока приложенное к диоду напряжение мало зависит от типа прибора и для диодов из германия находится в пределах 0,7- 0,9 В, для диодов из кремния - 1,0 - 1,2 В.

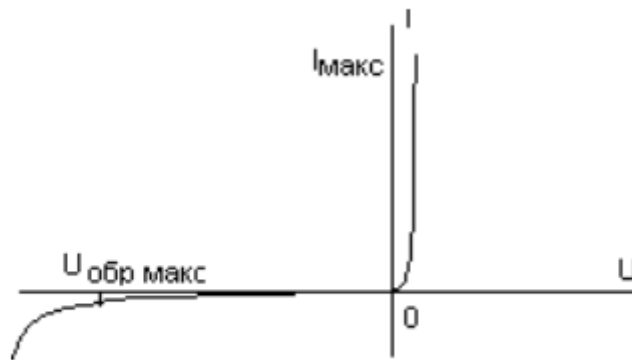


Рис. 1.2. Вольтамперная характеристика диода

При отрицательном напряжении диод считается запертым, через него протекает незначительный обратный ток, на несколько порядков меньший прямого. Максимальное значение обратного напряжения $U_{обр_макс}$ также ограничено. Напряжение больше максимального значения приводит к возникновению лавинного пробоя, при котором ток через прибор начинает резко возрастать при неизменном напряжении, и последующему перегреву прибора.

Участок характеристики, ограниченный максимальным обратным напряжением $U_{обр_макс}$ и максимальным прямым током $I_{макс}$, считается рабочим участком. На рабочем участке характеристика прибора описывается экспоненциальной зависимостью Эберса-Молла:

$$I = I_0 \left[\exp\left(\frac{U}{m\phi_T}\right) - 1 \right], \quad (1.1)$$

где I_0 - теоретическое значение обратного тока,
 $m = 1 \div 2$ - поправочный коэффициент,
 ϕ_T - термический потенциал электрона.

$$\text{В свою очередь: } \phi_T = kT / q, \quad (1.2)$$

где $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ [Дж/К]}$ - постоянная Больцмана,

$T \text{ [K]}$ - абсолютная температура в градусах Кельвина,

$q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ [кулон]}$ - заряд электрона

При комнатной температуре $T=296$ К термический потенциал электрона приблизительно равен 25,5 мВ. Непосредственно формулой 1.1 удастся воспользоваться на практике очень редко из-за большой неопределенности параметра I_0 , который к тому же сильно зависит от температуры. Считается, что обратный ток диода удваивается при увеличении температуры всего на 10 К.

В практических расчетах вольтамперная характеристика диода обычно заменяется двумя прямыми:

$$I = \begin{cases} \infty, & \text{при } U_a > U_0, \\ 0, & \text{при } U_a < U_0, \end{cases} \quad (1.3)$$

где U_0 - падение напряжения на диоде при протекании тока в прямом направлении. Для кремниевых диодов величина 1,2 В, для германиевых – 0,6 – 0,8 В.

U_0 находится в пределах 0,8 –

Применение упрощенного описания позволяет формализовать расчет схем и проводить его с минимальным использованием справочных данных.

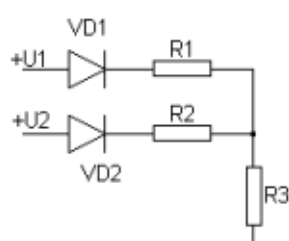
Расчет схемы:

Используя простейшую модель диода, рассчитать напряжения и токи в различных ветвях электронной схемы. Исходные данные для расчета взять из таблицы I, схемы – из рисунка 1.3. При расчетах падение напряжения на диоде принять равным U_0 .

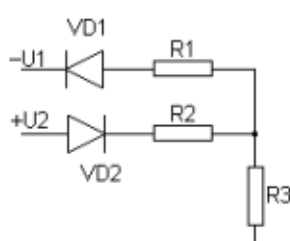
Таблица I Варианты заданий для расчета

Вариант	Рис.	U1 (В)	U2 (В)	R1 (кОм)	R2 (кОм)	R3 (кОм)
1	а	5	15	3	20	13
2	б	5	15	3	21	12
3	в	5	15	4	22	11
4	г	6	15	4	23	10
5	д	6	14	4	24	9
6	е	6	14	4	25	8
7	ж	7	14	5	26	7
8	з	7	14	5	27	6
9	и	7	13	5	28	5
10	к	8	13	5	29	20

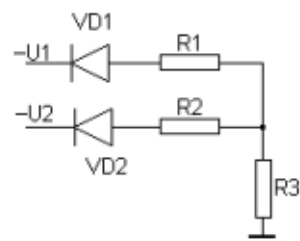
Вариант определяется по последней цифре студенческого билета.



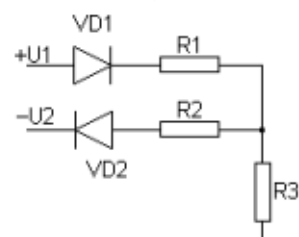
а)



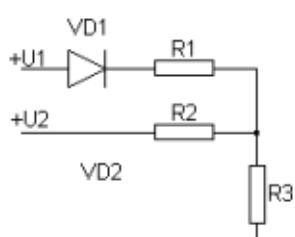
б)



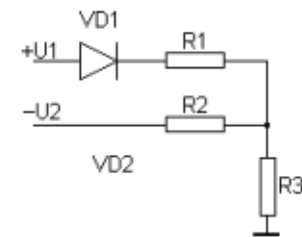
в)



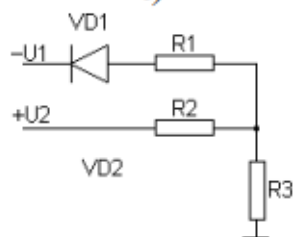
г)



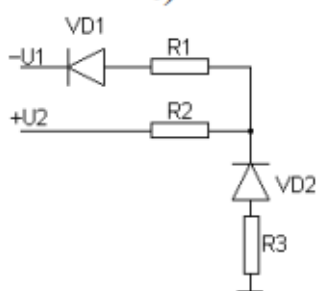
д)



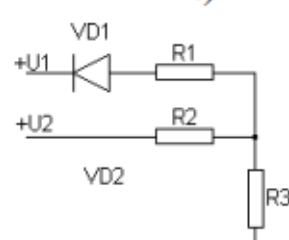
е)



ж)



з)



и)

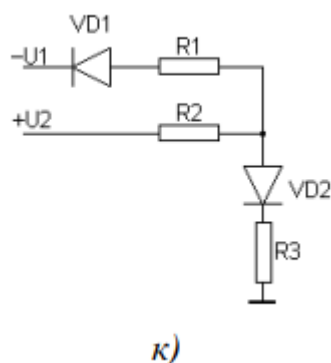


Рис. 1.3. Варианты заданий для расчета схем с диодами

Для решения задачи необходимо:

1. Аккуратно вычертить расчетную схему.
2. Обозначить все токи в ветвях схемы и потенциалы узлов. Направления токов выбрать совпадающими с проводящим состоянием диодов.
3. Составить систему уравнений в соответствии с законами Кирхгофа для всех узлов и контуров схемы.
4. Решить систему уравнений любым известным методом.
5. Проанализировать полученные результаты. Если в результате расчетов ток, протекающий через какой либо из диодов схемы, получился отрицательным, то сделать вывод о несоответствии решения и описания диода. В этом случае ток через диод следует принять равным нулю, преобразовать систему уравнений и решить её вновь.

Занести результаты расчета в таблицу по форме 1.

Форма 1

Результаты расчета и моделирования схемы с диодами

Токи в ветвях схемы	I1, мА	I2, мА	I3, мА
Результаты расчета			
Результаты моделирования с идеальными диодам			
Результаты моделирования с реальными диодами			

Моделирование схемы

Собрать модель схемы в программе «Electronics Workbench». Установить все необходимые параметры схемы. Для измерения токов и

напряжений в ветвях схемы включить в неё измерительные приборы: амперметры и вольтметры.

Выбрать для исследования схемы идеальные диоды. Включить модель. Результаты моделирования занести в таблицу 1.1.

Заменить в схеме идеальные диоды на диоды фирмы General Electric или Motorola (по указанию преподавателя) из библиотеки пакета Electronics Workbench. Повторить моделирование. Результаты вновь занести в таблицу 1.1.

Сравнить результаты моделирования с полученными ранее расчетными данными. Сделать выводы о точности расчетов, о влиянии реальных параметров диодов на результаты расчетов.

Содержание отчета

Титульный лист. Расчетная схема. Расчетные формулы. Результаты расчета. Выводы. Привести ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Чему равно падение напряжения на диоде, включенном в прямом направлении?
2. Как изменяется падение напряжения на диоде при изменении протекающего через него тока?
3. Как влияют реальные параметры диодов на результаты расчетов электронных схем?
4. Можно ли рассчитать диодную схему, не выбирая диоды?

Список рекомендуемой литературы:

1. Веретехина, С. В. Модели, методы, алгоритмы и программные решения вычислительных машин, комплексов и систем : учебник : [16+] / С. В. Веретехина, В. Л. Симонов, О. Л. Мнацаканян. – Изд. 2-е, доп. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2021. – 307 с. : ил., схем., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=602526> (дата обращения: 22.01.2025). – Библиогр.: с. 258-266. – ISBN 978-5-4499-1937-3. – Текст : электронный.

2. Фомин, Д. В. Основы компьютерной электроники : учебное пособие : [16+] / Д. В. Фомин. – Изд. 2-е, стер. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2019. – 110 с. : ил., схем., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=575234> (дата обращения: 22.01.2025). – Библиогр.: с. 105-106. – ISBN 978-5-4499-0152-1. – DOI 10.23681/575234. – Текст : электронный.

3. Фомин, Д. В. Основы компьютерной электроники : учебное пособие : [16+] / Д. В. Фомин. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2014. – 109 с. : ил., схем., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=259075> (дата обращения: 22.01.2025). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-4475-2482-1. – DOI 10.23681/259075. – Текст : электронный.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Пятигорский институт (филиал) СКФУ

Методические указания
по организации и проведению самостоятельной работы
по дисциплине «ОСНОВЫ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ»
для студентов направления подготовки
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Пятигорск 2026 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие положения	154
2. Цель и задачи самостоятельной работы.....	155
3. Технологическая карта самостоятельной работы студента	155
4. Порядок выполнения самостоятельной работы студентом.....	156
4.1. Методические рекомендации по работе с учебной литературой	156
4.2. Методические рекомендации по подготовке к лабораторным занятиям	159
4.3. Методические рекомендации по самопроверке знаний	159
4.4. Методические рекомендации по написанию научных текстов (докладов, рефератов, эссе, научных статей и т.д.)	159
4.5. Методические рекомендации по подготовке к экзаменам и зачетам.....	163
5. Контроль самостоятельной работы студентов	163
6. Список литературы для выполнения СРС	164

1. Общие положения

Самостоятельная работа - планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль за работой студентов).

Самостоятельная работа студентов (СРС) в ВУЗе является важным видом учебной и научной деятельности студента. Самостоятельная работа студентов играет значительную роль в рейтинговой технологии обучения.

К основным видам самостоятельной работы студентов относятся:

- формирование и усвоение содержания конспекта лекций на базе рекомендованной лектором учебной литературы, включая информационные образовательные ресурсы (электронные учебники, электронные библиотеки и др.);
- написание докладов;
- подготовка к семинарам, практическим и лабораторным работам, их оформление;
- составление аннотированного списка статей из соответствующих журналов по отраслям знаний (педагогических, психологических, методических и др.);
- выполнение учебно-исследовательских работ, проектная деятельность;
- подготовка лабораторных разработок и рекомендаций по решению проблемной ситуации;
- выполнение домашних заданий в виде решения отдельных задач, проведения типовых расчетов, расчетно-компьютерных и индивидуальных работ по отдельным разделам содержания дисциплин и т.д.;
- компьютерный текущий самоконтроль и контроль успеваемости на базе электронных обучающих и аттестующих тестов;
- выполнение курсовых работ (проектов) в рамках дисциплин;
- выполнение выпускной квалификационной работы и др.

Методика организации самостоятельной работы студентов зависит от структуры, характера и особенностей изучаемой дисциплины, объема часов на ее изучение, вида заданий для самостоятельной работы студентов, индивидуальных качеств студентов и условий учебной деятельности.

Процесс организации самостоятельной работы студентов включает в себя следующие этапы:

- подготовительный (определение целей, составление программы, подготовка методического обеспечения, подготовка оборудования);
- основной (реализация программы, использование приемов поиска информации, усвоения, переработки, применения, передачи знаний, фиксирование результатов, самоорганизация процесса работы);
- заключительный (оценка значимости и анализ результатов, их систематизация, оценка эффективности программы и приемов работы, выводы о направлениях оптимизации труда).

Самостоятельная работа по дисциплине «Основы компьютерного моделирования» направлена на формирование следующих **компетенций**:

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
-------------------------------	------------------------------	---

ПК-1 (ИД-1 _{ПК-1} ИД-2 _{ПК-1})	Самостоятельное изучение литературы и источников	Конспект	Собеседование	38,88	4,32	43,2
ПК-1 (ИД-1 _{ПК-1} ИД-2 _{ПК-1})	Подготовка к лабораторным работам	Опрос	Собеседование	9,72	1,08	10,8
Итого за 4 семестр				48,6	5,4	54

Коды реализуемых компетенций	Вид деятельность и студентов	Итоговый продукт самостоятельной работы	Средства и технологии оценки	Объем часов, в том числе (астр.)		
				СРС	Контактная работа с преподавателем	Всего
очно-заочная форма 2 семестр						
ПК-1 (ИД-1 _{ПК-1} ИД-2 _{ПК-1})	Самостоятельное изучение литературы и источников	Конспект	Собеседование	88,92	9,88	98,8
ПК-1 (ИД-1 _{ПК-1} ИД-2 _{ПК-1})	Подготовка к лабораторным работам	Опрос	Собеседование	1,08	0,12	1,2
Итого за 2 семестр				90	10	100

4. Порядок выполнения самостоятельной работы студентом

4.1. Методические рекомендации по работе с учебной литературой

При работе с книгой необходимо подобрать литературу, научиться правильно ее читать, вести записи. Для подбора литературы в библиотеке используются алфавитный и систематический каталоги.

Важно помнить, что рациональные навыки работы с книгой - это всегда большая экономия времени и сил.

Правильный подбор учебников рекомендуется преподавателем, читающим лекционный курс. Необходимая литература может быть также указана в методических разработках по данному курсу.

Изучая материал по учебнику, следует переходить к следующему вопросу только после правильного уяснения предыдущего, описывая на бумаге все выкладки и вычисления (в том числе те, которые в учебнике опущены или на лекции даны для самостоятельного вывода).

При изучении любой дисциплины большую и важную роль играет самостоятельная индивидуальная работа.

Особое внимание следует обратить на определение основных понятий курса. Студент должен подробно разбирать примеры, которые поясняют такие определения, и уметь строить аналогичные примеры самостоятельно. Нужно добиваться точного представления о том, что изучаешь. Полезно составлять опорные конспекты. При изучении материала по учебнику полезно в тетради (на специально отведенных полях) дополнять конспект лекций. Там же следует отмечать вопросы, выделенные студентом для консультации с преподавателем.

Выводы, полученные в результате изучения, рекомендуется в конспекте выделять, чтобы они при перечитывании записей лучше запоминались.

Опыт показывает, что многим студентам помогает составление листа опорных сигналов, содержащего важнейшие и наиболее часто употребляемые формулы и понятия. Такой лист помогает запомнить формулы, основные положения лекции, а также может служить постоянным справочником для студента.

Чтение научного текста является частью познавательной деятельности. Ее цель – извлечение из текста необходимой информации. От того на сколько осознанна читающим собственная внутренняя установка при обращении к печатному слову (найти нужные сведения, усвоить информацию полностью или частично, критически проанализировать материал и т.п.) во многом зависит эффективность осуществляемого действия.

Выделяют **четыре основные установки в чтении научного текста:**

информационно-поисковый (задача – найти, выделить искомую информацию)

усваивающая (усилия читателя направлены на то, чтобы как можно полнее осознать и запомнить, как сами сведения, излагаемые автором, так и всю логику его рассуждений)

аналитико-критическая (читатель стремится критически осмыслить материал, проанализировав его, определив свое отношение к нему)

творческая (создает у читателя готовность в том или ином виде – как отправной пункт для своих рассуждений, как образ для действия по аналогии и т.п. – использовать суждения автора, ход его мыслей, результат наблюдения, разработанную методику, дополнить их, подвергнуть новой проверке).

Основные виды систематизированной записи прочитанного:

Аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения;

Планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала;

Тезирование – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала;

Цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора;

Конспектирование – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного.

Конспект – сложный способ изложения содержания книги или статьи в логической последовательности. Конспект аккумулирует в себе предыдущие виды записи, позволяет всесторонне охватить содержание книги, статьи. Поэтому умение составлять план, тезисы, делать выписки и другие записи определяет и технологию составления конспекта.

Методические рекомендации по составлению конспекта:

1. Внимательно прочитайте текст. Уточните в справочной литературе непонятные слова. При записи не забудьте вынести справочные данные на поля конспекта;

2. Выделите главное, составьте план;

3. Кратко сформулируйте основные положения текста, отметьте аргументацию автора;

4. Законспектируйте материал, четко следуя пунктам плана. При конспектировании старайтесь выразить мысль своими словами. Записи следует вести четко, ясно.

5. Грамотно записывайте цитаты. Цитируя, учитывайте лаконичность, значимость мысли.

В тексте конспекта желательно приводить не только тезисные положения, но и их доказательства. При оформлении конспекта необходимо стремиться к емкости каждого предложения. Мысли автора книги следует излагать кратко, заботясь о стиле и выразительности написанного. Число дополнительных элементов конспекта должно быть логически обоснованным, записи должны распределяться в определенной

последовательности, отвечающей логической структуре произведения. Для уточнения и дополнения необходимо оставлять поля.

Овладение навыками конспектирования требует от студента целеустремленности, повседневной самостоятельной работы.

Вопросы для собеседования

Базовый уровень

1. Системы автоматизированного проектирования, их использование в инженерных расчетах.
2. Назначение системы MathCAD. Основные функции.
3. Характеристика и возможности пакета Mathcad. Особенности документа Mathcad.
4. Интерфейс пользователя в системе MathCAD.
5. Ввод и редактирование формул в MathCAD.
6. Использование функций дискретного аргумента.
7. Документ в системе MathCAD(заголовок, расширение при сохранении на диск, типы и расположение блоков, точка привязки блока, размеры блоков, сквозная передача данных в документе).
8. Использование встроенных функций.
9. Перечислите основные объекты входного языка системы MathCAD. Расскажите об алфавите языка и о встроенных и пользовательских функциях системы MathCAD.
10. Константы и переменные в системе MathCAD?
11. Как задаются типы данных в MathCAD? Что такое глобальное и локальное присваивание переменных в документе MathCAD?
12. Комплексные числа. Как вставляется мнимая единица для комплексных чисел?
13. Как задаются массивы в MathCAD? Как можно добавлять строки и столбцы в готовые матрицы? Как удаляются строки и столбцы из матриц?
14. Работа с массивами. Основные операции для работы с векторами и матрицами.
15. Загрузка данных из текстового файла.

Повышенный уровень

1. Получение диагональной матрицы. Объединение матриц. Получение подматрицы из матрицы. Получение векторов из матриц. Выделение миноров вычеркиванием столбцов и строк.
2. Как осуществляется вывод результатов в системе MathCAD? Как можно настроить формат вывода результатов?
3. Как работать с единицами измерений физических величин в системе MathCAD?
4. Построение графиков одной переменной в MathCAD.
5. Построение графиков двух переменных.
6. Настройка графиков в MathCAD.
7. Решение уравнений в MathCAD.
8. Нахождение корней полинома.
9. Решение систем уравнений.
10. Основные проблемы, возникающие при решении уравнений и систем. Способы их разрешения.
11. Решение дифференциальных уравнений.
12. Решение систем дифференциальных уравнений.
13. Символьные вычисления.

4.2. Методические рекомендации по подготовке к практическим и лабораторным занятиям

Для того чтобы практические и лабораторные занятия приносили максимальную пользу, необходимо помнить, что упражнение и решение задач проводятся по вычитанному на лекциях материалу и связаны, как правило, с детальным разбором отдельных вопросов лекционного курса. Следует подчеркнуть, что только после усвоения лекционного материала с определенной точки зрения (а именно с той, с которой он излагается на лекциях) он будет закрепляться на лабораторных занятиях как в результате обсуждения и анализа лекционного материала, так и с помощью решения проблемных ситуаций, задач. При этих условиях студент не только хорошо усвоит материал, но и научится применять его на практике, а также получит дополнительный стимул (и это очень важно) для активной проработки лекции.

При самостоятельном решении задач нужно обосновывать каждый этап решения, исходя из теоретических положений курса. Если студент видит несколько путей решения проблемы (задачи), то нужно сравнить их и выбрать самый рациональный. Полезно до начала вычислений составить краткий план решения проблемы (задачи). Решение проблемных задач или примеров следует излагать подробно, вычисления располагать в строгом порядке, отделяя вспомогательные вычисления от основных. Решения при необходимости нужно сопровождать комментариями, схемами, чертежами и рисунками.

Следует помнить, что решение каждой учебной задачи должно доводиться до окончательного логического ответа, которого требует условие, и по возможности с выводом. Полученный ответ следует проверить способами, вытекающими из существа данной задачи. Полезно также (если возможно) решать несколькими способами и сравнить полученные результаты. Решение задач данного типа нужно продолжать до приобретения твердых навыков в их решении.

4.3. Методические рекомендации по самопроверке знаний

После изучения определенной темы по записям в конспекте и учебнику, а также решения достаточного количества соответствующих задач на лабораторных занятиях и самостоятельно студенту рекомендуется, провести самопроверку усвоенных знаний, ответив на контрольные вопросы по изученной теме.

В случае необходимости нужно еще раз внимательно разобраться в материале.

Иногда недостаточность усвоения того или иного вопроса выясняется только при изучении дальнейшего материала. В этом случае надо вернуться назад и повторить плохо усвоенный материал. Важный критерий усвоения теоретического материала - умение решать задачи или пройти тестирование по пройденному материалу. Однако следует помнить, что правильное решение задачи может получиться в результате применения механически заученных формул без понимания сущности теоретических положений.

4.4. Методические рекомендации по написанию научных текстов (докладов, рефератов, эссе, научных статей и т.д.)

Перед тем, как приступить к написанию научного текста, важно разобраться, какова истинная цель вашего научного текста - это поможет вам разумно распределить свои силы и время.

Во-первых, сначала нужно определиться с идеей научного текста, а для этого необходимо научиться либо относиться к разным явлениям и фактам несколько критически (своя идея – как иная точка зрения), либо научиться увлекаться какими-то известными идеями, которые нуждаются в доработке (идея – как оптимистическая позиция и направленность на дальнейшее совершенствование уже известного). Во-вторых, научиться организовывать свое время, ведь, как известно, свободное (от всяких глупостей) время – важнейшее условие настоящего творчества, для него наконец-то

появляется время. Иногда именно на организацию такого времени уходит немалая часть сил и талантов.

Писать следует ясно и понятно, стараясь основные положения формулировать четко и недвусмысленно (чтобы и самому понятно было), а также стремясь структурировать свой текст. Каждый раз надо представлять, что ваш текст будет кто-то читать и ему захочется сориентироваться в нем, быстро находить ответы на интересующие вопросы (заодно представьте себя на месте такого человека). Понятно, что работа, написанная «сплошным текстом» (без заголовков, без выделения крупным шрифтом наиболее важных мест и т. п.), у культурного читателя должна вызывать брезгливость и даже жалость к автору (исключения составляют некоторые древние тексты, когда и жанр был иной и к текстам относились иначе, да и самих текстов было гораздо меньше – не то, что в эпоху «информационного взрыва» и соответствующего «информационного мусора»).

Объем текста и различные оформительские требования во многом зависят от принятых в конкретном учебном заведении порядков.

Реферат (доклад) - это самостоятельное исследование студентом определенной проблемы, комплекса взаимосвязанных вопросов.

Реферат не должна составляться из фрагментов статей, монографий, пособий. Кроме простого изложения фактов и цитат, в реферате должно проявляться авторское видение проблемы и ее решения.

Рассмотрим основные этапы подготовки реферата студентом.

Выполнение реферата начинается с выбора темы.

Затем студент приходит на первую консультацию к руководителю, которая предусматривает:

- обсуждение цели и задач работы, основных моментов избранной темы;
- консультирование по вопросам подбора литературы;
- составление предварительного плана.

Следующим этапом является работа с литературой. Необходимая литература подбирается студентом самостоятельно.

После подбора литературы целесообразно сделать рабочий вариант плана работы. В нем нужно выделить основные вопросы темы и параграфы, раскрывающие их содержание.

Составленный список литературы и предварительный вариант плана уточняются, согласуются на очередной консультации с руководителем.

Затем начинается следующий этап работы - изучение литературы. Только внимательно читая и конспектируя литературу, можно разобраться в основных вопросах темы и подготовиться к самостоятельному (авторскому) изложению содержания реферата. Конспектируя первоисточники, необходимо отразить основную идею автора и его позицию по исследуемому вопросу, выявить проблемы и наметить задачи для дальнейшего изучения данных проблем.

Систематизация и анализ изученной литературы по проблеме исследования позволяют студенту написать работу.

Рабочий вариант текста реферата предоставляется руководителю на проверку. На основе рабочего варианта текста руководитель вместе со студентом обсуждает возможности доработки текста, его оформление. После доработки реферат сдается на кафедру для его оценивания руководителем.

Требования к написанию реферата

Написание 1 реферата является обязательным условием выполнения плана СРС по любой дисциплине профессионального цикла.

Тема реферата может быть выбрана студентом из предложенных в рабочей программе или фонде оценочных средств дисциплины, либо определена самостоятельно,

исходя из интересов студента (в рамках изучаемой дисциплины). Выбранную тему необходимо согласовать с преподавателем.

Реферат должен быть написан научным языком.

Объем реферата должен составлять 20-25 стр.

Структура реферата:

- Введение (не более 3-4 страниц). Во введении необходимо обосновать выбор темы, ее актуальность, очертить область исследования, объект исследования, основные цели и задачи исследования.

- Основная часть состоит из 2-3 разделов. В них раскрывается суть исследуемой проблемы, проводится обзор мировой литературы и источников Интернет по предмету исследования, в котором дается характеристика степени разработанности проблемы и авторская аналитическая оценка основных теоретических подходов к ее решению. Изложение материала не должно ограничиваться лишь описательным подходом к раскрытию выбранной темы. Оно также должно содержать собственное видение рассматриваемой проблемы и изложение собственной точки зрения на возможные пути ее решения.

- Заключение (1-2 страницы). В заключении кратко излагаются достигнутые при изучении проблемы цели, перспективы развития исследуемого вопроса

- Список использованной литературы (не меньше 10 источников), в алфавитном порядке, оформленный в соответствии с принятыми правилами. В список использованной литературы рекомендуется включать работы отечественных и зарубежных авторов, в том числе статьи, опубликованные в научных журналах в течение последних 3-х лет и ссылки на ресурсы сети Интернет.

- Приложение (при необходимости).

Требования к оформлению:

- текст с одной стороны листа;
- шрифт Times New Roman;
- кегль шрифта 14;
- межстрочное расстояние 1,5;
- поля: сверху 2,5 см, снизу – 2,5 см, слева - 3 см, справа 1,5 см;
- реферат должен быть представлен в сброшюрованном виде.

Порядок защиты реферата:

Защита реферата проводится на лабораторных занятиях, после окончания работы студента над ним и исправления всех недочетов, выявленных преподавателем в ходе консультаций. На защиту реферата отводится 5-7 минут времени, в ходе которого студент должен показать свободное владение материалом по заявленной теме. При защите реферата приветствуется использование мультимедиа-презентации.

Оценка реферата

Реферат оценивается по следующим критериям:

- соблюдение требований к его оформлению;
- необходимость и достаточность для раскрытия темы приведенной в тексте реферата информации;
- умение студента свободно излагать основные идеи, отраженные в реферате;
- способность студента понять суть задаваемых преподавателем и сокурсниками вопросов и сформулировать точные ответы на них.

Критерии оценки:

Оценка «отлично» выставляется студенту, если в докладе студент исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний; использует для написания доклада современные научные материалы; анализирует полученную информацию; проявляет самостоятельность при написании доклада.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если качество выполнения доклада достаточно высокое. Студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопросы по теме доклада.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если материал доклада излагается частично, но пробелы не носят существенного характера, студент допускает неточности и ошибки при защите доклада, дает недостаточно правильные формулировки, наблюдаются нарушения логической последовательности в изложении материала.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он не подготовил доклад или допустил существенные ошибки. Студент неуверенно излагает материал доклада, не отвечает на вопросы преподавателя.

Описание шкалы оценивания

Максимально возможный балл за весь текущий контроль устанавливается равным 55. Текущее контрольное мероприятие считается сданным, если студент получил за него не менее 60% от установленного для этого контроля максимального балла. Рейтинговый балл, выставляемый студенту за текущее контрольное мероприятие, сданное студентом в установленные графиком контрольных мероприятий сроки, определяется следующим образом:

<i>Уровень выполнения контрольного задания</i>	<i>Рейтинговый балл (в % от максимального балла за контрольное задание)</i>
Отличный	100
Хороший	80
Удовлетворительный	60
Неудовлетворительный	0

Темы докладов

Базовый уровень

1. BIM технологии в проектировании.
2. Автоматизация проектирования электронных устройств EDA.
3. Архитектурно-строительные САПР.
4. Виды обеспечения САПР.
5. Выбор концепции работы над проектами в CAD системах.
6. Использование САПР в игровой индустрии.
7. Использование САПР в машиностроении.
8. Использование САПР для решения задач проектирования объектов инфраструктуры.
9. Использование САПР при разработке видеоигр.
10. История развития САПР.
11. Классификации САПР.
12. Методы улучшения качества проектирования.
13. Мобильные приложения САПР.
14. Назначение ПО Autodesk Map 3D и его основные модули.
15. Назначение ПО RasterDesk.
16. Назначение САПР ArchiCAD.
17. Назначение САПР Autodesk AutoCAD.
18. Назначение САПР Autodesk Civil 3D.
19. Назначение САПР Autodesk Fusion 360.
20. Назначение САПР Autodesk Inventor.
21. Назначение САПР Autodesk Revit.
22. Назначение САПР Bentley MicroStation.
23. Назначение САПР

Повышенный уровень

24. Назначение САПР nanoCAD.
25. Назначение САПР SolidWorks.
26. Назначение САПР КОМПАС-3D.
27. Обзор и сравнение отечественных САПР.
28. Общие сведения о САПР.
29. Основные модули САПР и возможности их применения.
30. Параметрическое моделирование.
31. Работа с трассами (создание, редактирование) в среде САПР.
32. Работа с цифровой моделью рельефа, [редактирование поверхностей](#), в среде САПР.
33. Работа со сложными объектами в среде САПР.
34. Развитие облачных технологий САПР.

4.5. Методические рекомендации по подготовке к экзаменам и зачетам

Изучение многих общепрофессиональных и специальных дисциплин завершается экзаменом. Подготовка к экзамену способствует закреплению, углублению и обобщению знаний, получаемых, в процессе обучения, а также применению их к решению лабораторных задач. Готовясь к экзамену, студент ликвидирует имеющиеся пробелы в знаниях, углубляет, систематизирует и упорядочивает свои знания. На экзамене студент демонстрирует то, что он приобрел в процессе обучения по конкретной учебной дисциплине.

Экзаменационная сессия - это серия экзаменов, установленных учебным планом. Между экзаменами интервал 3-4 дня. Не следует думать, что 3-4 дня достаточно для успешной подготовки к экзаменам.

В эти 3-4 дня нужно систематизировать уже имеющиеся знания. На консультации перед экзаменом студентов познакомят с основными требованиями, ответят на возникшие у них вопросы. Поэтому посещение консультаций обязательно.

Требования к организации подготовки к экзаменам те же, что и при занятиях в течение семестра, но соблюдаться они должны более строго. Во-первых, очень важно соблюдение режима дня; сон не менее 8 часов в сутки, занятия заканчиваются не позднее, чем за 2-3 часа до сна. Оптимальное время занятий - утренние и дневные часы. В перерывах между занятиями рекомендуются прогулки на свежем воздухе, неустойчивые занятия спортом. Во-вторых, наличие хороших собственных конспектов лекций. Даже в том случае, если была пропущена какая-либо лекция, необходимо во время ее восстановить (переписать ее на кафедре), обдумать, снять возникшие вопросы для того, чтобы запоминание материала было осознанным. В-третьих, при подготовке к экзаменам у студента должен быть хороший учебник или конспект литературы, прочитанной по указанию преподавателя в течение семестра. Здесь можно эффективно использовать листы опорных сигналов.

Вначале следует просмотреть весь материал по сдаваемой дисциплине, отметить для себя трудные вопросы. Обязательно в них разобраться. В заключение еще раз целесообразно повторить основные положения, используя при этом листы опорных сигналов.

Систематическая подготовка к занятиям в течение семестра позволит использовать время экзаменационной сессии для систематизации знаний.

5. Контроль самостоятельной работы студентов

Контроль самостоятельной работы проводится преподавателем в аудитории.

Предусмотрены следующие виды контроля: собеседование, оценка реферата, оценка презентации, оценка участия в круглом столе, оценка выполнения проекта.

Подробные критерии оценивания компетенций приведены в Фонде оценочных средств для проведения текущей и промежуточной аттестации.

6. Список литературы для выполнения СРС

Основная литература:

1. Берлинер, Э. М. САПР в машиностроении : учебник для вузов / Э. М. Берлинер, О. В. Таратынов. – Москва : Форум, 2014. – 448 с.
2. Инженерная и компьютерная графика : лабораторный практикум / авт.-сост. Т.И. Дровосекова ; Сев.-Кав. федер. ун-т. - Ставрополь : СКФУ, 2014. - 2015. - Библиогр.: с. 159
3. Михеева, Е. В. Информационные технологии в профессиональной деятельности : учеб. пособие / Е.В. Михеева. - 14-е изд., стер. - М. : Академия, 2016. - 384 с. - (Профессиональное образование). - Библиогр.: с. 371-372. - ISBN 978-5-4468-2647-6
4. Орлов, А. AutoCAD 2014 / А. Орлов. - СПб. : Питер, 2014. - 384 с. : ил. - Прил.: с. 382. - ISBN 978-5-496-00761-0

Дополнительная литература:

1. Афанасьева, Н. Ю. Вычислительные и экспериментальные методы научного эксперимента : [учеб. пособие*]. – М. : КНОРУС, 2013. – 330 с.
2. Полещук, Н. Н. Самоучитель AutoCAD 2013 / Н.Н. Полещук. - СПб. : БХВ-Петербург, 2013. - 464 с. : ил. - (Самоучитель). - Прил.: с. 136-444. - Библиогр.: с. 445. - ISBN 978-5-9775-0889-6
3. Серебряков, А. С. MATHCAD и решение задач электротехники : [учеб. пособие] / А.С. Серебряков, В.В. Шумейко. - М. : Маршрут, 2005. - 240 с. : ил. - (Высшее профессиональное образование). - Библиогр.: с. 235. - ISBN 5-89035-209-1
4. Хлебников, А. А. Информационные технологии : учебник / А. А. Хлебников. – М. : КноРус, 2014. – 472 с.

Методическая литература:

1. Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Основы компьютерного моделирования».
2. Методические указания по организации и проведению самостоятельной работы студентов по дисциплине «Основы компьютерного моделирования».

Интернет-ресурсы:

1. <http://www.biblioclub.ru/> - электронная библиотека
2. <http://www.uts-edu.ru/> - «Электронные курсы»