

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНСТИТУТ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ  
И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Кафедра «Инновационные телекоммуникационные технологии»

## **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПРОГРАММИРОВАНИЕ**

### **Учебно-методическое пособие**

к выполнению контрольной работы

«Основы работы в инженерно-математической программе *MathCAD*»  
для студентов очной и заочной форм обучения направлений

11.03.01 «Радиотехника»,

11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»,

11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств»,

11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника»,

и специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы»

Севастополь  
СевГУ  
2025

**УДК 004.42:519.85(076.5)**

**ББК 32.973я73**

**И741**

**Р е ц е н з е н т:**

**С. Р. Зиборов** - канд. техн. наук, доцент

**Ответственный за выпуск:**

**А. А. Савочкин** - канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой  
«Инновационные телекоммуникационные технологии»

*Составители:* М. А. Дурманов, С. Н. Бердышев

**И741 Информационные технологии и программирование** : учебно-методическое пособие к выполнению контрольной работы «Основы работы в инженерно-математической программе *MathCAD*» для студентов очной и заочной форм обучения направлений 11.03.01 «Радиотехника», 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств», 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника» и специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы» / Севастопольский государственный университет, Институт радиоэлектроники и интеллектуальных технических систем, кафедра «Инновационные телекоммуникационные технологии» ; сост.: М. А. Дурманов, С. Н. Бердышев. – Севастополь : СевГУ, 2025. – 64 с. – Текст : электронный.

Цель учебно-методического пособия – оказание обучающимся помощи в получении практических навыков использования инженерно-математической программы *MathCAD*.

УДК 004.42:519.85(076.5)

ББК 32.973я73

Рассмотрено и рекомендовано к изданию на заседании кафедры «Инновационные телекоммуникационные технологии», протокол № 14 от 28 июня 2024 г.

В авторской редакции

Изд. № 35/2025. Объем 4 п.л. Усл. печ. л. 3,72. Уч.-изд. л. 3,92.

Издательский центр ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

© Дурманов М. А., Бердышев С. Н., сост., 2025

© ФГАОУ ВО «Севастопольский

государственный университет», 2025

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                      |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Введение.....                                                                                        | 4  |
| 1. Задание №1. Изучение Интерфейса программы <i>MathCAD</i> .....                                    | 6  |
| 1.1. Цель задания.....                                                                               | 6  |
| 1.2. Теоретические сведения.....                                                                     | 6  |
| 1.3. Порядок выполнения задания .....                                                                | 16 |
| 1.4. Требования к содержанию отчета.....                                                             | 18 |
| 1.5. Контрольные вопросы.....                                                                        | 18 |
| 2. Задание №2. Построение графиков в программе <i>MathCAD</i> .....                                  | 20 |
| 2.1. Цель задания.....                                                                               | 20 |
| 2.2. Теоретические сведения.....                                                                     | 20 |
| 2.3. Порядок выполнения задания .....                                                                | 33 |
| 2.4. Требования к содержанию отчета.....                                                             | 37 |
| 2.5. Контрольные вопросы.....                                                                        | 37 |
| 3. Задание №3. Выполнение символьных расчетов в программе <i>MathCAD</i> .....                       | 39 |
| 3.1. Цель задания.....                                                                               | 39 |
| 3.2. Теоретические сведения.....                                                                     | 39 |
| 3.3. Порядок выполнения задания .....                                                                | 44 |
| 3.4. Требования к содержанию отчета.....                                                             | 51 |
| 3.5. Контрольные вопросы.....                                                                        | 52 |
| 4. Задание №4. Решение нелинейных уравнений и их систем средствами<br>программы <i>MathCAD</i> ..... | 53 |
| 4.1. Цель задания.....                                                                               | 53 |
| 4.2. Теоретическая часть .....                                                                       | 53 |
| 4.3. Порядок выполнения задания .....                                                                | 57 |
| 4.4. Требования к содержанию отчета.....                                                             | 61 |
| 4.5. Контрольные вопросы.....                                                                        | 61 |
| Библиографический список.....                                                                        | 63 |
| Приложение А. Пример оформления титульного листа отчета по<br>контрольной работе.....                | 64 |

## ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Информационные технологии и программирование» изучается обучающимися очной обучения направлений 11.03.01 «Радиотехника», 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств», 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника» и специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы» в первом и втором семестрах и студентами заочной формы обучения направлений 11.03.01 «Радиотехника», 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» в первом, втором и третьем семестрах.

В данное учебно-методическое пособие включены четыре задания, направленные на изучение и получение практических навыков использования инженерно-математического пакета прикладных программ (ППП) *MathCAD 14*.

Каждый обучающийся выполняет задания индивидуально в соответствии с вариантом, который соответствует порядковому номеру в списке группы или выдается преподавателем.

Выполняются задания в два этапа.

На первом этапе обучающиеся самостоятельно должны выполнить следующее:

- проработать по учебно-методическому пособию и рекомендованной литературе основные теоретические положения контрольной работы;
- составить программу на языке пакета *MathCAD*;
- составить пояснения к программе;
- оформить результаты выполнения первого этапа в виде черновика отчета по работе.

На втором этапе, выполняемом в лаборатории университета, обучающиеся очной форму обучения должны:

- представить результаты выполнения первого этапа преподавателю;
- составить и защитить отчет по выполненному заданию.

Результаты выполнения заданий обучающиеся очной формы обучения оформляют в виде контрольной работы в первом семестре. Защищать контрольную работу обучающиеся должны строго по графику в соответствии с расписанием учебных занятий.

Обучающиеся заочной формы обучения результаты выполнения заданий оформляют в виде контрольной работы во втором семестре.

Отчет должен содержать: титульный лист, цель работы, текст задания, текст кода программы и результаты её выполнения. Более детальное содержание отчета приведено в методических указаниях к каждому заданию.

На титульном листе требуется указать фамилию, имя и отчество пол-

ностью, группу, номер варианта, название и номер работы. Образец оформления титульного листа приведен в приложении А.

Отчет оформляется каждым студентом индивидуально на стандартных листах белой бумаги формата А4 с одной стороны листа с использованием персонального компьютера (ПК), в соответствии с требованиями кафедры [1].

При выполнении контрольной работы и подготовке к защите рекомендуется использовать справочную литературу [2 — 3], а также руководство пользователя *MathCAD*, которое доступно через меню ППП *MathCAD* по следующему пути: **Справка → Руководства и учебники → User's Guide (Help → Tutorials → User's Guide)**.

## 1. ЗАДАНИЕ № 1

### ИЗУЧЕНИЕ ИНТЕРФЕЙСА ПРОГРАММЫ *MATHCAD*

#### 1.1. Цель задания

Целью задания является изучение интерфейса ППП *MathCAD*, способов ввода, редактирования, различных математических преобразований и вычислений в рабочем поле окна программы.

#### 1.2. Теоретические сведения

**Интерфейсом ППП *MathCAD*** называют совокупность средств графической оболочки программы, позволяющую организовать управление работой *MathCAD*.

##### 1.2.1. Рабочее окно программы

Запустить ППП *MathCAD* можно из главного меню операционной системы, пункт «**Программы**». При частом обращении к этой программе целесообразно поместить её ярлык на рабочий стол или на панель быстрого запуска и пользоваться им для запуска *MathCAD*. Кроме того, двойной щелчок на любом файле с расширением *.xmcd* (такое расширение имеют файлы, созданные в *MathCAD*) открывает окно ППП и загружает в него содержимое файла (рис. 1.1).

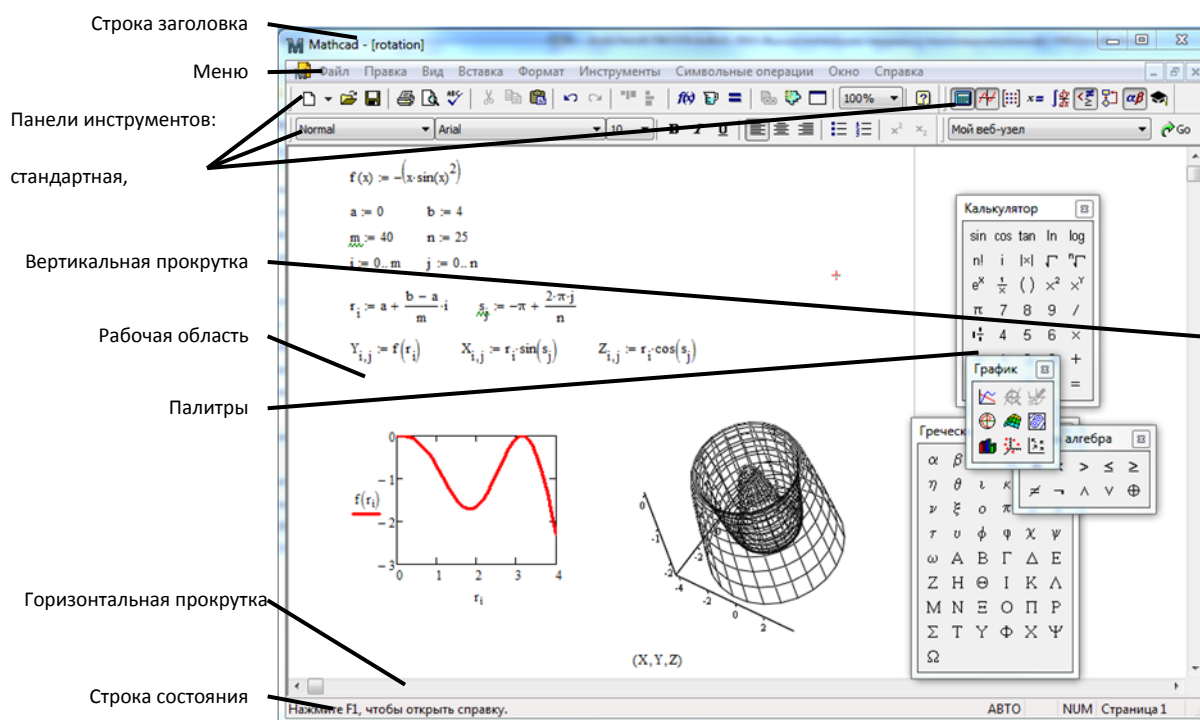


Рис. 1.1 — Вид рабочего окна ППП *MathCAD*

**Строка заголовка** содержит название пакета, а если загружен файл с текстом программы, то и его имя.

**Строка состояния** предназначена для отображения подсказок, текущего состояния программы, клавиатуры и номера текущей страницы.

**Меню** содержит команды для выполнения операций с файлами, редактирования, настройки программы, математических операций и других действий.

**Панели инструментов** содержат кнопки с пиктограммами, соответствующими некоторым, наиболее часто используемым командам меню.

**Рабочая область** предназначена для ввода операторов, математических выражений и комментариев.

**Палитры** открываются и закрываются с помощью кнопок панели **математических инструментов** и используются для ввода изображенных на них символов и операторов в рабочую область.

**Горизонтальная и вертикальная прокрутки** предназначены для быстрого и удобного перемещения по рабочей области.

Пакет *MathCAD* является многооконным, то есть одновременно может быть открыто несколько документов, однако вычисления могут выполняться только в одном документе, который называют **активным**.

Документ *MathCAD* размещается в рабочей области окна и состоит из блоков произвольного размера.

Блоки могут быть двух типов: блоки комментариев и исполняемые блоки. По умолчанию при вводе символов с клавиатуры создается исполняемый блок, для преобразования его в блок комментариев необходимо после первого введенного слова набрать пробел. Блоки комментариев могут располагаться в документе произвольно и не влияют на вычислительные процессы.

Порядок выполнения блоков: **сверху-вниз, слева-направо** (рис. 1.2).

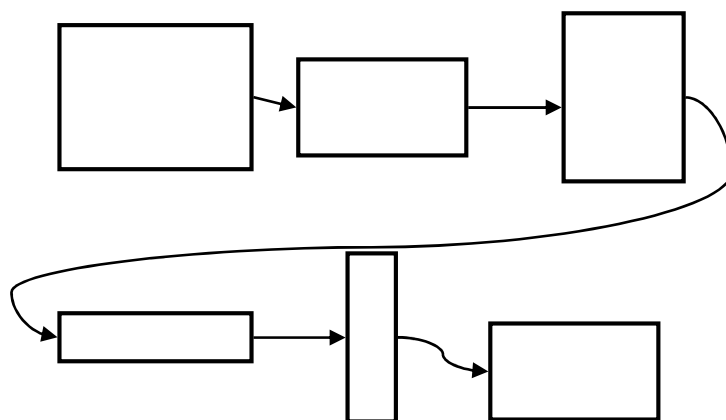


Рис. 1.2 — Порядок выполнения блоков в документе *MathCAD*

Если составить следующий блок вычислений, но расположить его в рабочем окне чуть выше предыдущего, то это может привести либо к не-

правильным результатам, либо к остановке вычислений из-за невозможности выполнения каких-либо действий.

Блок можно выделить двойным щелчком мыши, после чего его можно переместить в любое место, скопировать в буфер обмена, для чего удобно использовать сочетание клавиш *Ctrl+C*, или вырезать в буфер обмена сочетанием клавиш *Ctrl+X*. Из буфера, пометив точку вставки, блок вставляется с помощью сочетания клавиш *Ctrl+V*, причём любое число раз.

### 1.2.2. Основные команды меню программы

Основные команды, предназначенные для работы с файлами, расположены в меню **Файл (File)** (таблица 1.1).

Таблица 1.1 — Команды меню **Файл (File)**

| Команда (рус.)                  | Команда (англ.)             | Действие                                                                |
|---------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| <b>Создать...</b>               | <b><i>New...</i></b>        | открыть окно для нового документа                                       |
| <b>Открыть...</b>               | <b><i>Open...</i></b>       | открыть существующий документ                                           |
| <b>Заккрыть</b>                 | <b><i>Close</i></b>         | заккрыть документ и закончить работу с ним                              |
| <b>Сохранить</b>                | <b><i>Save</i></b>          | сохранить на диске текущий документ                                     |
| <b>Сохранить как...</b>         | <b><i>Save as...</i></b>    | сохранить текущий документ на диске с новым именем                      |
| <b>Параметры страницы...</b>    | <b><i>Page setup...</i></b> | установить параметры страниц документа (размер листа, поля, ориентация) |
| <b>Предварительный просмотр</b> | <b><i>Print preview</i></b> | предварительный просмотр документа перед печатью                        |
| <b>Печать...</b>                | <b><i>Print...</i></b>      | распечатать текущий документ                                            |
| <b>Выход</b>                    | <b><i>Exit</i></b>          | выйти из программы                                                      |

На рис. 1.3 обозначены аннотированные блоки меню **Файл (File)**. Кроме того, меню **Файл (File)** содержит еще команду **Свойства... (Properties...)**, которая включает в себя краткую информацию о файле и поле, в котором отображаются ранее открытые документы для упрощения их поиска.



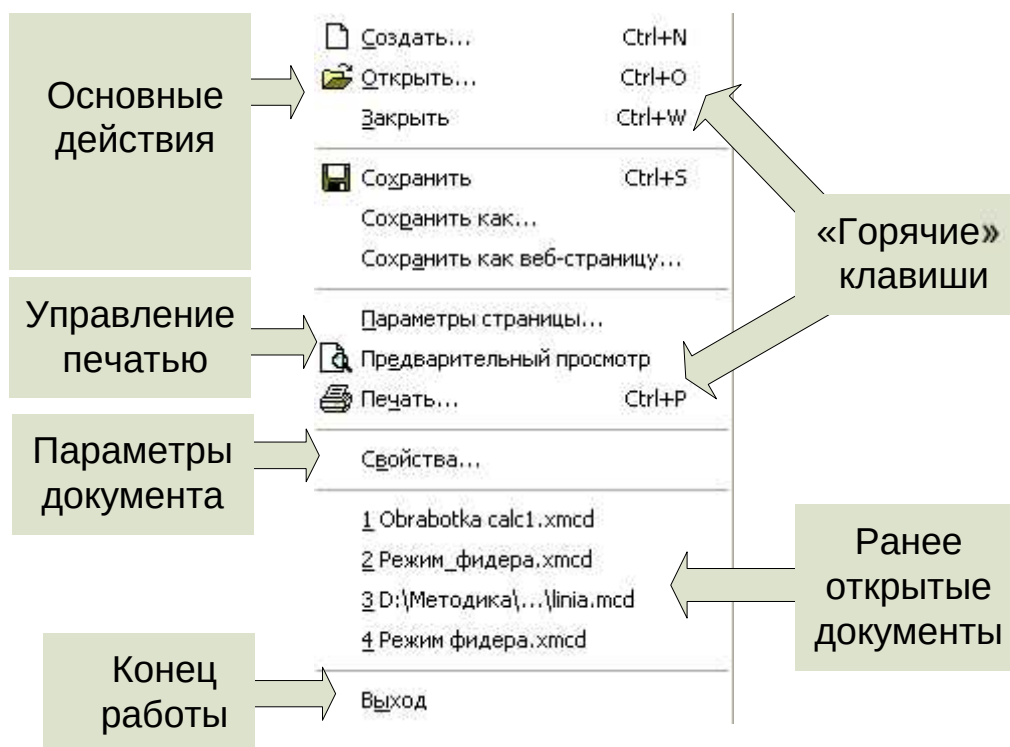


Рис. 1.3 — Вид вкладки **Файл (File)** главного меню с обозначением аннотированных блоков

Например, открыть существующий документ и распечатать его содержимое можно следующим образом:

- в меню **Файл (File)** выбрать команду **Открыть...(Open...)** и в диалоговом окне выбрать файл, содержащий требуемый документ, для чего необходимо привести курсор на его название и дважды щелкнуть левой кнопкой мыши;
- перед печатью любого документа рекомендуется настроить параметры листов и страниц, для чего в меню **Файл (File)** необходимо выбрать команду **Параметры страницы...(Page setup...)** и в открывшемся окне настроек выбрать в разделе **Бумага (Paper)** размер листа бумаги **Размер (Size)**, в разделе **Ориентация (Orientation)** — вертикальную **Портретная (Portrait)** либо горизонтальную **Альбомная (Landscape)** ориентацию листа, а также в разделе **Поля (Fields)** — размеры левого (**Left**), правого (**Right**), верхнего (**Top**) и нижнего (**Bottom**) полей;
- прежде чем распечатывать содержимое документа, необходимо убедиться в оптимальности расположения вычислительных и текстовых блоков на страницах документа, например, чтобы блоки не «разрезались» границами страниц. Для просмотра того, в каком виде будет распечатан документ, используйте в меню **Файл (File)** команду **Предварительный просмотр (Printpreview)**. В открывшемся окне предварительного просмотра можно просмотреть весь

- документ, используя при этом режимы увеличения или уменьшения, по одной странице, либо по две страницы. Выход из режима просмотра осуществляется командой **Заккрыть (Close)** в меню **File**;
- после выполнения всех вышеизложенных действий, если нет необходимости в редактировании документа, то его можно вывести на печать командой **Печать... (Print)** в меню **Файл (File)**, настроив в диалоговом окне печати требуемые параметры печати.

Основные команды редактирования содержит меню **Правка (Edit)** (таблица. 1.2), команды управления элементами интерфейса содержит меню **Вид (View)** (таблица. 1.3), а команды работы со вставками содержит меню **Вставка (Insert)** (таблица. 1.4).

Таблица 1.2 — Команды меню редактирования **Правка (Edit)**

| Команда (рус.)                | Команда (англ.)    | Действие                                                                       |
|-------------------------------|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Отменить</b>               | <b>Undo</b>        | отменить последнее редактирование документа                                    |
| <b>Вернуть</b>                | <b>Redo</b>        | повторить действия, отменённые последней командой <b>Отменить (Undo)</b>       |
| <b>Вырезать</b>               | <b>Cut</b>         | переместить выделенную область документа в буфер обмена                        |
| <b>Копировать</b>             | <b>Copy</b>        | копировать выделенную область документа в буфер обмена                         |
| <b>Вставить</b>               | <b>Paste</b>       | вставить содержимое буфера обмена в документ                                   |
| <b>Удалить</b>                | <b>Delete</b>      | удалить выделенную область документа                                           |
| <b>Найти...</b>               | <b>Find...</b>     | найти в документе заданную последовательность символов                         |
| <b>Заменить...</b>            | <b>Replace...</b>  | найти в документе заданную последовательность символов и заменить её на другую |
| <b>Перейти на страницу...</b> | <b>Gotopage...</b> | перейти на указанную страницу документа                                        |

Таблица 1.3 — Команды меню управления элементами интерфейса **Вид (View)**

| Команда (рус.)             | Команда (англ.)                    | Действие                                                                                         |
|----------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Панели инструментов</b> | <b><i>Toolbars</i></b>             | включение/выключение панелей инструментов                                                        |
| <b>Регионы</b>             | <b><i>Regions</i></b>              | установить подсвеченный режим отображения блоков                                                 |
| <b>Обновить</b>            | <b><i>Refresh</i></b>              | обновить изображение на экране                                                                   |
| <b>Масштаб...</b>          | <b><i>Zoom...</i></b>              | изменить масштаб отображения документа                                                           |
| <b>Колонтитулы...</b>      | <b><i>Header and Footer...</i></b> | форматирование верхнего ( <b><i>Header</i></b> ) и нижнего ( <b><i>Footer</i></b> ) колонтитулов |

Примечание.

Иногда при создании или редактировании документа на экране остаются символы или части блоков, которые «замусоривают» изображение документа и мешают работе. Для устранения «мусора» на экране используйте команду **Обновить (*Refresh*)** в меню **Вид (View)**.

Таблица 1.4 — Команды меню **Вставка (Insert)**

| Команда (рус.)              | Команда (англ.)            | Действие                                                                                       |
|-----------------------------|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>График</b>               | <b><i>Graph</i></b>        | вставка шаблонов графиков из подменю                                                           |
| <b>Матрица...</b>           | <b><i>Matrix...</i></b>    | вставка шаблонов матриц и векторов                                                             |
| <b>Функция...</b>           | <b><i>Function...</i></b>  | вставка шаблонов встроенных функций                                                            |
| <b>Единица измерения...</b> | <b><i>Unit...</i></b>      | вставка единиц измерений размерных величин                                                     |
| <b>Рисунок</b>              | <b><i>Picture</i></b>      | вставка шаблона импортируемого рисунка                                                         |
| <b>Разрыв страницы</b>      | <b><i>PageBreak</i></b>    | вставка линии окончания страницы                                                               |
| <b>Регион формул</b>        | <b><i>MathRegion</i></b>   | вставка математического блока в текстовый блок                                                 |
| <b>Регион текста</b>        | <b><i>TextRegion</i></b>   | вставка текстового блока                                                                       |
| <b>Компонент</b>            | <b><i>Component</i></b>    | вставка элементов внешних программ                                                             |
| <b>Объект...</b>            | <b><i>Object...</i></b>    | вставка объектов с установлением динамической связи с приложениями, в которых они были созданы |
| <b>Ссылка...</b>            | <b><i>Reference...</i></b> | вставка в документ кнопки, связанной с заданным файлом                                         |
| <b>Гиперссылка...</b>       | <b><i>Hyperlink...</i></b> | вставка гиперссылки (текстового блока связанного с некоторым объектом)                         |

Основные команды установки и изменения форматов отображения элементов содержит меню **Формат (Format)** (таблица 1.5), команды управления параметрами вычислительного процесса и документа содержит меню **Инструменты (Tools)** (таблица 1.6), команды работы с окнами содержит меню **Окно (Window)** (таблица 1.7) и команды работы со справочной системой содержит меню **Справка (Help)** (таблица 1.8) (все справочные материалы представлены на английском языке).

Таблица 1.5 — Содержание меню **Формат (Format)**

| Пункт (рус.)             | Пункт (англ.)           | Действие                                                                 |
|--------------------------|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| <b>Уравнение...</b>      | <b>Equation...</b>      | изменение шрифта, размера и цвета символов в исполняемых блоках          |
| <b>Результат...</b>      | <b>Result...</b>        | установка формата чисел                                                  |
| <b>Текст...</b>          | <b>Text...</b>          | изменение шрифта, размера и цвета выделенных символов в текстовых блоках |
| <b>Абзац...</b>          | <b>Paragraph...</b>     | изменение формата текстового блока                                       |
| <b>Стиль...</b>          | <b>Style...</b>         | установка стилей для различных текстовых объектов                        |
| <b>Свойства...</b>       | <b>Properties...</b>    | установка свойств различных объектов                                     |
| <b>График</b>            | <b>Graph</b>            | форматирование графиков                                                  |
| <b>Цвет</b>              | <b>Color</b>            | изменение цвета фона, выделения вычислительных блоков и цвета аннотаций  |
| <b>Разделить регионы</b> | <b>Separate Regions</b> | автоматическое разделение перекрывающихся блоков                         |

Команда **Свойства... (Properties...)** меню **Формат (Format)** содержит следующие дополнительные команды:

- **отображение (Highlight Region)** — выделение вычислительного блока фоновым цветом и/или границей;
- **вычисления (Calculation)** — установка параметров вычислений:
  - 1) **отключить вычисление (Disable Evaluation)** — отключение вычислений в исполняемом блоке (блок становится комментарием);
  - 2) **включить оптимизацию (Enable Optimization)** — включение режима оптимизации (перед вычислением *MathCAD* стремится произвести аналитические упрощения).

Таблица 1.6 — Команды меню **Инструменты (Tools)**

| Команда (рус.)                                  | Команда (англ.)                                 | Действие                                                                                                                                      |
|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Вычислить</b> → <b>Вычислить сейчас</b>      | <b>Calculate</b> → <b>Calculate Now</b>         | запуск вычислений при отключенном режиме автоматических вычислений                                                                            |
| <b>Вычислить</b> → <b>Пересчитать документ</b>  | <b>Calculate</b> → <b>Calculate Worksheet</b>   | запуск вычислений всех блоков от начала до конца документа                                                                                    |
| <b>Вычислить</b> → <b>Автоматический расчет</b> | <b>Calculate</b> → <b>Automatic Calculation</b> | включение/выключение режима автоматических вычислений                                                                                         |
| <b>Оптимизировать</b>                           | <b>Optimize</b>                                 | включение/выключение оптимизации вычислений (в режиме оптимизации <i>MathCAD</i> пытается заменить численные методы расчета на аналитические) |
| <b>Параметры документа...</b>                   | <b>Worksheet Options...</b>                     | вызывает окно установки параметров документа и вычислительных процессов                                                                       |

Таблица 1.7 — Команды меню **Окно (Window)**

| Команда (рус.)       | Команда (англ.)        | Действие                                                           |
|----------------------|------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| <b>Каскадом</b>      | <b>Cascade</b>         | размещение документов друг под другом со смещением                 |
| <b>Сверху вниз</b>   | <b>Tile Horizontal</b> | размещение документов друг под другом во всю ширину окна программы |
| <b>Слева направо</b> | <b>Tile Vertical</b>   | размещение документов слева направо во всю высоту окна             |

В нижней части меню **Окно (Window)** находится список документов, открытых в данный момент. Документ, помеченный в списке галочкой, является активным. Окно активного документа располагается поверх других документов. Любой из документов можно сделать активным, щелкнув левой клавишей мыши в списке документов на его названии.

Таблица 1.8 — Команды меню **Справка (Help)**

| Команда (рус.)                                                                  | Команда (англ.)                                           | Действие                                                                                                                                                                                                             |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Справка<br/>MathCAD</b>                                                      | <b>MathCAD Help</b>                                       | вызов справки, которая содержит <b>Содержание (Contents)</b> (электронные книги по работе системы), <b>Указатель (Index)</b> (справка по ключевым словам), <b>Поиск (Search)</b> (поиск справки по отдельным словам) |
| <b>Руководства и учебники, Шпаргалки, Справочные таблицы, Электронные книги</b> | <b>Tutorials, Quick Sheets, Reference Tables, E-books</b> | вызов центра информационных ресурсов с альтернативным описанием методов работы с программой и составления документов                                                                                                 |
| <b>О программе MathCAD</b>                                                      | <b>About MathCAD</b>                                      | краткие сведения о версии программы                                                                                                                                                                                  |

### 1.2.3. Создание документов и работа с ними

Набор любого блока в рабочей области ППП *MathCAD* осуществляется с позиции курсора, который имеет вид красного крестика. Курсор помещается в положение указателя мыши щелчком левой кнопки мыши. При редактировании любого блока курсор также при помощи мыши помещается в необходимую позицию, причем вид курсора будет изменяться в зависимости от области его расположения.

Выделение отдельного символа в пределах исполняемого блока может осуществляться щелчком левой кнопки мыши на данном символе. Символ выделяется курсором — синим уголком. После выделения одного символа можно при помощи клавиш управления курсором и клавиши *Shift*, либо клавиши пробела выделить группы символов.

Для выделения блока или нескольких блоков следует зажать левую кнопку мыши и удерживая ее обвести нужное появившейся рамкой.

Выделенную область можно копировать в буфер обмена (*Ctrl+C*), вырезать (*Ctrl+X*), удалить (*Del*) или «перетащить» методом «*Carry-and-Drop*»: «перенести и бросить». Кроме указанных «горячих» клавиш, эти операции можно выполнить через контекстное меню (появляется после нажатия правой кнопки мыши), либо используя команды меню и панели инструментов.

Рассмотрим пример последовательности действий при создании вычислительного документа:

— запустите *MathCAD*;

- создайте новый документ, присвоив ему имя, например, *example\_1*;
- в левой верхней части нового документа установите курсор (красный крестик) в позицию, в которой затем будете создавать блоки, при этом все вычисления рекомендуется предварять блоками комментариев;
- задайте переменную  $x$  с присвоением ей значения 4, для чего выполните следующие действия:
  - 1) нажмите на клавиатуре клавишу  $x$ ;
  - 2) после чего, удерживая клавишу *Shift*, нажмите клавишу с двоеточием  $:$ , для ввода символа присвоения  $:=$ ;
  - 3) затем введите цифру 4;
  - 4) после выполнения данных действий нажмите клавишу *Enter*, и курсор перейдет на следующую строку, и данный вычислительный блок будет закончен;
- задайте выражение  $y := 15 \cdot x - 4$ , для чего потребуется следующий порядок действий:
  - 1) введите с помощью клавиатуры переменную  $y$ ;
  - 2) введите символ присвоения  $:=$ ;
  - 3) наберите число 15;
  - 4) используя сочетание клавиш *Shift* +  $*$ , либо кнопку умножения из палитры **Калькулятор (Calculator)** (см. рис. 1.1), введите символ умножения в виде точки « $\cdot$ »;
  - 5) введите переменную  $x$ ;
  - 6) с клавиатуры, либо с палитры **Калькулятор (Calculator)** вставьте символ вычитания;
  - 7) введите число 4;
  - 8) нажмите клавишу *Enter*;
- в новой строке введите переменную  $y$  и нажмите клавишу  $=$ , в результате чего на экране отобразится вычисленное значение (рис. 1.4, а).

Рассмотренный пример демонстрирует возможность вычисления функции при одном значении переменной.

Для того, чтобы вычислить значение функции при нескольких значениях переменной, необходимо задавать диапазон и шаг изменения переменной перед вычислительным блоком следующим образом:

- в уже созданном документе скопируйте первую строчку и вставьте её ниже в свободное место рабочей области, потом замените её на  $x := -2, -1.5..2$ , для чего необходимо удалить цифру 4, ввести начальное значение переменной  $-2$ , через запятую ввести следующее значение переменной (то есть первое значение плюс шаг изменения переменной, который равен 0,5)  $-1.5$ , затем поставьте

двоеточие при помощи клавиши **:** и после этого введите последнее значение переменной **2** ;

- строчкой ниже введите функцию  $y(x)$ ;
- чтобы просмотреть значения переменной  $x$ , при которых производятся вычисления функции, введите переменную  $x$  и нажмите клавишу **=**, после чего результат вычисления будет представлен в виде таблицы (рис. 1.4, б).

а)

$x := 4$   
 $y := 15 \cdot x - 4$   
 $y = 56$

б)

$x := -2, -1.5..2$      $y(x) := 15 \cdot x - 4$

| $x =$ | $y(x) =$ |
|-------|----------|
|       | -34      |
| -1.5  | -26.5    |
| -1    | -19      |
| -0.5  | -11.5    |
| 0     | -4       |
| 0.5   | 3.5      |
| 1     | 11       |
| 1.5   | 18.5     |
| 2     | 26       |

Рис. 1.4 — Примеры выполнения расчетов  
 при одном значении переменной (а)  
 и при нескольких значениях переменной (б)

В *MathCAD* десятичная часть числа отделяется от целой части не запятой, а точкой!

В случае синтаксической ошибки блок автоматически выделяется красным цветом. При наведении на выделенные элементы курсора появляется краткая подсказка о виде сообщения об ошибке. Более подробную информацию можно получить, нажав клавишу **F1**.

### 1.3. Порядок выполнения задания

Варианты заданий приведены в таблице 1.9. Номер варианта задания определяется преподавателем.

**1.3.1.** Запустить ППП *MathCAD*, создать в ее окне новый документ, присвоив ему имя, например, *Ivanov\_kr1*, и сохранить либо на USB-флеш-накопителе, либо в каталоге по адресу *C:/Users/Student/Documents/Ivanov/...*



Таблица 1.9 — Индивидуальные задания

| Вариант | $A, a$ | $B, b$ | $C, c$ | $D, d$  | $E, e$ | $F, f$ | $G, g$ | $h$ | $i$ | $j$ | $k$ | $m$ |
|---------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1       | 33     | 2      | 12     | $\pi/3$ | 2,45   | 1      | 2      | 0   | 1   | 2   | 3   | 4   |
| 2       | 35     | 3      | 13     | $\pi/4$ | 3,74   | 0      | 1,5    | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   |
| 3       | 22     | 4      | 14     | $\pi/5$ | 4,23   | 1,2    | 1,6    | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  |
| 4       | 37     | 5      | 15     | $\pi/6$ | 5,82   | 2      | 3      | 15  | 0   | 1   | 2   | 3   |
| 5       | 15     | 6      | 16     | $\pi/7$ | 4,33   | 0      | 2      | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   |
| 6       | 21     | 7      | 17     | $\pi/8$ | 2,90   | 2,2    | 2,5    | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  |
| 7       | 47     | 1      | 18     | $\pi/2$ | 7,12   | -1,2   | 0      | 14  | 15  | 0   | 1   | 2   |
| 8       | 39     | 2      | 19     | $\pi/3$ | 6,88   | 0      | 0,5    | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   |
| 9       | 12     | 3      | 20     | $\pi/4$ | 9,01   | 0,5    | 1      | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  |
| 10      | 44     | 4      | 21     | $\pi/5$ | 3,37   | 1      | 1,4    | 13  | 14  | 15  | 0   | 1   |
| 11      | 65     | 5      | 22     | $\pi/6$ | 5,27   | 1,5    | 2,4    | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   |
| 12      | 31     | 6      | 23     | $\pi/7$ | 7,98   | 2,3    | 3      | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  |
| 13      | 27     | 7      | 24     | $\pi/8$ | 4,73   | -1,7   | -0,3   | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  |
| 14      | 14     | 2      | 25     | $\pi/2$ | 9,11   | -2     | 1      | 0   | 1   | 2   | 3   | 4   |
| 15      | 45     | 3      | 26     | $\pi/3$ | 6,35   | 0      | 2,3    | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   |
| 16      | 12     | 1      | 33     | $\pi/2$ | 2      | 2,45   | 1      | 9   | 4   | 2   | 0   | 3   |
| 17      | 13     | 6      | 35     | $\pi/3$ | 1,5    | 3,74   | 0      | 14  | 9   | 3   | 5   | 8   |
| 18      | 14     | 11     | 22     | $\pi/4$ | 1,6    | 4,23   | 1,2    | 3   | 14  | 4   | 10  | 13  |
| 19      | 15     | 0      | 37     | $\pi/5$ | 3      | 5,82   | 2      | 8   | 3   | 5   | 15  | 2   |
| 20      | 16     | 5      | 15     | $\pi/6$ | 2      | 4,33   | 0      | 13  | 8   | 6   | 4   | 7   |
| 21      | 17     | 10     | 21     | $\pi/7$ | 2,5    | 2,90   | 2,2    | 2   | 13  | 7   | 9   | 12  |
| 22      | 18     | 15     | 47     | $\pi/8$ | 0      | 7,12   | -1,2   | 7   | 2   | 1   | 14  | 1   |
| 23      | 19     | 4      | 39     | $\pi/2$ | 0,5    | 6,88   | 0      | 12  | 7   | 2   | 3   | 6   |
| 24      | 20     | 9      | 12     | $\pi/3$ | 1      | 9,01   | 0,5    | 1   | 12  | 3   | 8   | 11  |
| 25      | 21     | 14     | 44     | $\pi/4$ | 1,4    | 3,37   | 1      | 6   | 1   | 4   | 13  | 0   |
| 26      | 22     | 3      | 65     | $\pi/5$ | 2,4    | 5,27   | 1,5    | 11  | 6   | 5   | 2   | 5   |
| 27      | 23     | 8      | 31     | $\pi/6$ | 3      | 7,98   | 2,3    | 16  | 11  | 6   | 7   | 10  |
| 28      | 24     | 13     | 27     | $\pi/7$ | -0,3   | 4,73   | -1,7   | 4   | 16  | 7   | 12  | 15  |
| 29      | 25     | 1      | 14     | $\pi/8$ | 1      | 9,11   | -2     | 9   | 4   | 2   | 0   | 3   |
| 30      | 26     | 6      | 45     | $\pi/9$ | 2,3    | 6,35   | 0      | 9   | 9   | 3   | 5   | 8   |

**1.3.2.** Рассчитать значения выражений, приведённых ниже, подставив в них вместо букв числа из таблицы 1.9 в соответствии с номером варианта:

$$A + \frac{B}{C}, \frac{\sqrt{\sin(D)} + A}{[\ln(e^B) + E]^2}, \int_F^G \sin(x) dx, \sum_{x=1}^C \frac{1}{x^2}.$$

**1.3.3.** Подставить в исходные матрицы числа из таблицы 1.9 и рассчитать результирующую матрицу:

$$\begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e & f \\ g & h \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \\ e & f \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} g & h & i \\ j & k & m \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix} \cdot m.$$

**1.3.4.** Сохранить полученный документ на диске в папке, указанной преподавателем. Распечатать полученные результаты. Оформить отчет.

#### 1.4. Требования к содержанию отчета

Отчет должен содержать:

- формулировку цели задания;
- постановку задачи и строку из таблицы 1.9, соответствующую варианту задания;
- краткое изложение назначения основных элементов рабочего окна ППП *MathCAD*, используемых при выполнении задания;
- краткое изложение хода выполнения задания;
- копию рабочего окна с результатами расчета;
- выводы, в которых следует представить следующие сведения:
  - 1) оценить достоинства и недостатки интерфейса ППП *MathCAD*;
  - 2) указать особенности составления вычислительного документа и выполнения математических расчетов.

#### 1.5. Контрольные вопросы

**1.5.1.** Перечислите способы запуска ППП *MathCAD* и назовите основные элементы рабочего окна программы, основные панели инструментов и палитры.

**1.5.2.** Каким образом можно создать новый документ, открыть ранее созданный документ, сохранить и распечатать изменённый документ? Каким образом вызывается справочная система *MathCAD*?

**1.5.3.** Какие команды редактирования документа содержаться в программе *MathCAD*?

**1.5.4.** Каким образом в документ *MathCAD* можно вставить блок комментариев? Какие еще типы блоков существуют в ППП *MathCAD*?

**1.5.5.** Каков порядок выполнения исполняемых блоков в документе *MathCAD*?

**1.5.6.** Каким образом производится выделение областей документа *MathCAD*? Как осуществляется копирование, вырезание, удаление и перетаскивание выделенных областей?

**1.5.7.** Как создать вычислительный документ *MathCAD*? Каким образом осуществляется ввод арифметических выражений и функций в рабочее окно *MathCAD*?

## 2. ЗАДАНИЕ № 2

### ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКОВ В ПРОГРАММЕ *MATHCAD*

#### 2.1. Цель задания

Целью задания является изучение видов и способов построения и редактирования графиков различных функций в ППП *MathCAD*.

#### 2.2. Теоретические сведения

##### 2.2.1. Палитра инструментов для работы с графиками

Построение графиков в ППП *MathCAD* осуществляется либо при помощи палитры инструментов **График** (**Graph Toolbar**) , либо при помощи пункта главного меню **Вставка** → **График** (**Insert** → **Graph**). Программа позволяет производить построение двумерных и трехмерных графиков, а также просмотр графиков с увеличением масштаба, измерение координат точек графиков и изменение их внешнего вида.

В таблице 2.1 представлено описание пиктограмм палитры инструментов **График** (**Graph Toolbar**).

Таблица 2.1 — Палитра инструментов для построения графиков

| Пиктограмма                                                                         | Эквивалентная команда                                   | Описание команды                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
|  | <b>График</b><br>( <b>Graph Toolbar</b> )               | Инструментальные средства для построения графиков                     |
|  | <b>График X-Y</b><br>( <b>X-Y Plot</b> )                | Построение двумерных графиков в декартовой системе координат          |
|  | <b>Полярный график</b><br>( <b>Polar Plot</b> )         | Построение двумерных графиков в полярной системе координат            |
|  | <b>График поверхности</b><br>( <b>Surface Plot</b> )    | Построение трехмерного графика в виде объемной поверхности            |
|  | <b>Линии уровня</b><br>( <b>Contour Plot</b> )          | Построение трехмерного графика в виде изолиний (линий равного уровня) |
|  | <b>3D-график разброса</b><br>( <b>3D Scatter Plot</b> ) | Построение трехмерного графика в виде рассеянных точек                |
|  | <b>Векторное поле</b><br>( <b>Vector Field Plot</b> )   | Построение трехмерного графика в виде векторного поля                 |

| Пиктограмма                                                                       | Эквивалентная команда                                  | Описание команды                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <b>Столбчатая 3D-диаграмма</b><br>( <i>3DBarPlot</i> ) | Построение трехмерного графика в виде гистограмм                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|  | <b>Масштаб</b><br>( <i>Zoom</i> )                      | Просмотр части графика с увеличением. Область графика можно увеличить, выделив его левой кнопкой мыши                                                                                                                                                                                                                                 |
|  | <b>Трассировка</b><br>( <i>Trace</i> )                 | Включение графического курсора, перемещаемого в области графика мышью или курсорными клавишами. При размещении курсора на графике отображаются координаты графического курсора. При включении инструмента <b>Трассировка графика</b> ( <i>TrackDataPoints</i> ) перемещение графического курсора возможно только вдоль линии графика. |

### 2.2.2. Общий порядок составления вычислительного документа для построения графиков

Общая структура вычислительного документа и порядок следования вычислительных блоков необходимых для построения графика показана на рис. 2.1.



Рис. 2.1 — Общая структура вычислительного документа при построении графика

Блок переменных содержит начальные и конечные значения аргументов функций, а также шаг изменения аргументов. Текст блока переменных содержит строки, имеющие следующий вид

$$x := \text{аргумент } 1, \text{ аргумент } 2 \dots \text{ аргумент } 3,$$

где  $x$  — аргумент функции;

*аргумент 1* — начальное значение аргумента функции;

*аргумент 2* — второе значение аргумента, которое вычисляется как *аргумент 2 = аргумент 1 + шаг*, в случае, если *аргумент 2* не задан, то программа принимает шаг равным единице;  
*аргумент 3* — конечное значение аргумента функции.

Построение графиков обычно рекомендуется выполнять в заданном диапазоне и с заданным шагом изменения аргументов функций, однако, при построении двухмерных графиков, начальное, конечное значения аргумента и его шаг иногда можно не задавать, в этом случае данные параметры будут выбраны ППП *MathCAD* автоматически.

Величину шага изменения аргумента следует выбирать оптимальной исходя из требуемой точности построения графиков и быстродействия системы, поскольку слишком крупный шаг не позволит получить достаточно точные графики, а слишком мелкий шаг приведет к увеличению длительности расчета.

Блок функций содержит арифметические выражения, встроенные и пользовательские функции, используемые для вычисления значений функций при заданных значениях аргументов.

Графический блок содержит шаблоны для построения графиков, выбранные из палитры **График (Graph Toolbar)** либо из меню **Вставка → График (Insert → Graph)**.

### 2.2.3. Построение двухмерных графиков

На рис. 2.2 и рис. 2.3 показаны примеры построения двухмерных графиков в декартовой системе координат перечисленных ниже функций.

$$f(x) = \sin(x);$$

$$f(x) = \sin(x)/x;$$

$$f(x) = \frac{d^3}{dx^3} \frac{1}{\sqrt{1+x^2}}.$$

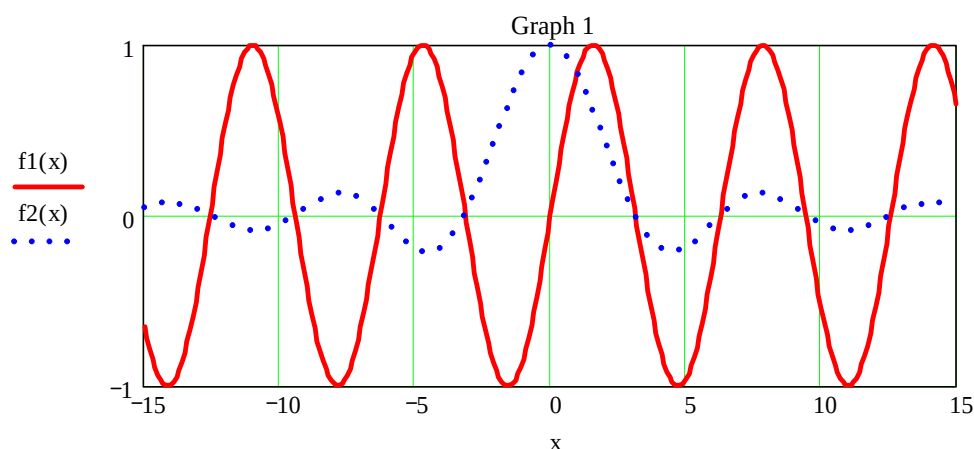
$x := -15, -14.9 \dots 15$ 
 $f1(x) := \sin(x) \quad f2(x) := \frac{\sin(x)}{x}$ 


Рис. 2.2 — Пример построения двух графиков в одной системе координат

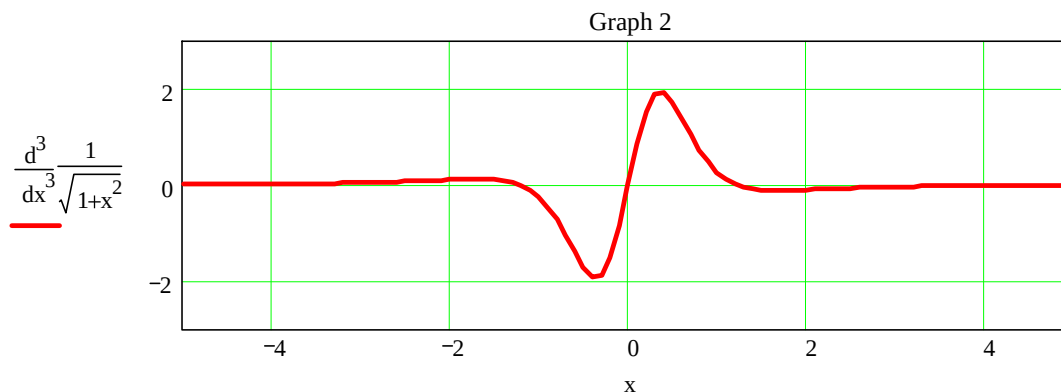


Рис. 2.3 — Пример построения графика функции без блока переменных и блока функций

Для построения графиков в декартовой системе координат используются шаблоны, вставляемые в вычислительный документ при помощи

иконки  палитры **График (Graph Toolbar)** или из меню **Вставка → График → График X-Y (Insert → Graph → X-YPlot)** (см. рис. 1.1).

Для построения графиков в полярной системе координат необходимо использовать шаблоны, вставляемые при помощи иконки , либо из меню **Вставка → График → Полярный график (Insert → Graph → PolarPlot)**.

Пример построения графика в полярной системе координат показан на рис. 2.4.

$$\phi := 0, 0.05 \dots 2\pi$$

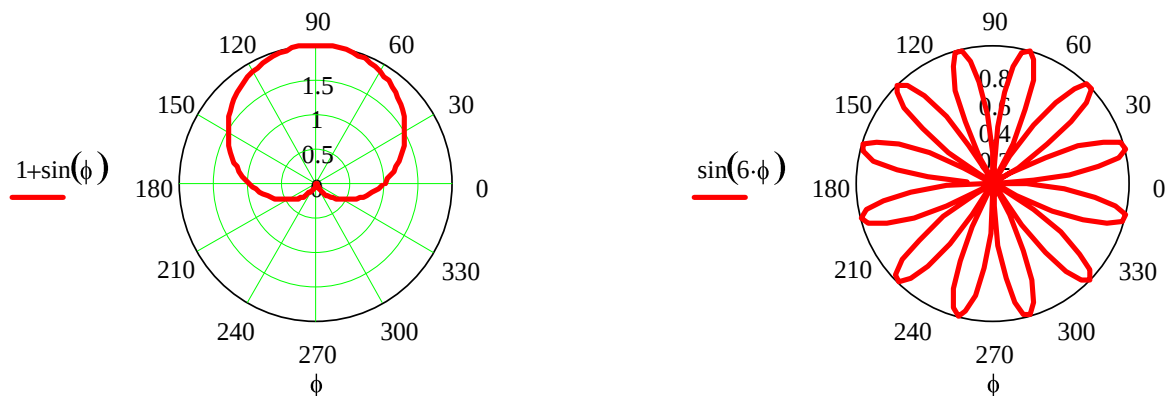


Рис. 2.4 — Пример построения графиков в полярной системе координат

Кроме того, ППП *MathCAD* позволяет строить графики параметрических функций как в декартовой, так и в полярной системах координат (рис. 2.5).

$$t := 0, 0.05 \dots 12$$

$$y(t) := \sin(3 \cdot t)$$

$$x(t) := \cos(5 \cdot t)$$

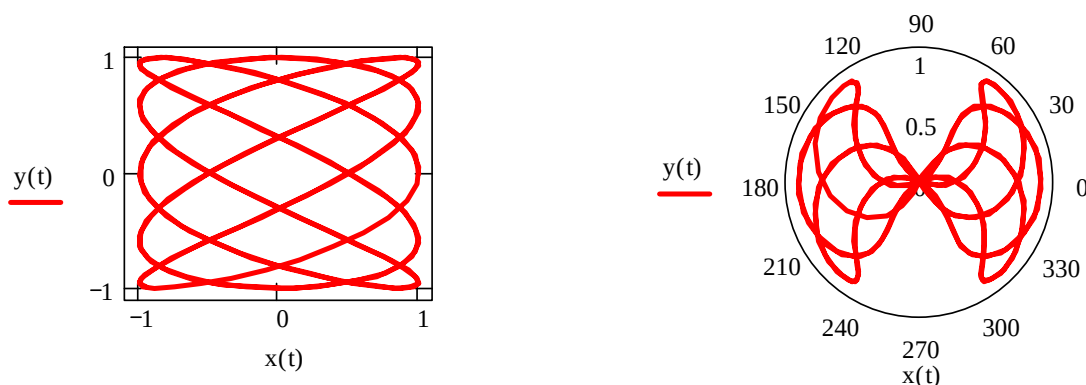


Рис. 2.5 — Пример построения графиков параметрических функций

#### 2.2.4. Построение трехмерных графиков

Для построения трехмерных графиков необходимо задать матрицу значений функции в зависимости от аргументов функции. Матрицу можно задать либо при помощи иконки  палитры инструментов **Вектор и матрица (Vector and Matrix Toolbar)**, либо из меню **Вставка → Матрица (Insert → Matrix)**. В случае, когда известно математическое выражение, описывающее функцию, матрицу можно заполнить, используя вычислительные блоки. Для этого необходимо выбрать начальные и конечные значения аргументов функции, число точек, по которым будет производиться построение, а также шаг изменения аргументов функции. После этого необходимо записать арифметические выражения для вычисления дискретных



значений аргументов функции, и уже затем вычислять функции в дискретных точках.

Шаблон для построения трехмерного графика можно открыть либо одной из иконок , , , , , либо одним из пунктов меню **Вставка → График → График поверхности, Линии уровня, 3D-график разброса, Векторное поле, Столбчатая 3D-диаграмма** (**Insert → Graph → Surface Plot, Contour Plot, 3D Scatter Plot, Vector Field Plot, 3D Bar Plot**), соответственно. В нижнем левом углу любого из вызванных шаблонов надо указать имя матрицы, которая содержит значения функции в дискретных точках (рис. 2.6).

При построении трехмерных графиков следует учитывать, что большое число точек позволяет получить более мелкий шаг изменения аргументов и, следовательно, более точные диаграммы и поверхности. Однако для этого требуется значительно большее время для обработки данных, поэтому следует выбирать компромиссные соотношения между точностью графиков и быстродействием системы.

#### 2.2.5. Построение трехмерных графиков в сферической системе координат

ППП *MathCAD* содержит шаблоны трехмерных графиков только для декартовой системы координат, поэтому для отображения графиков в сферической системе координат необходимо выполнять вычисления координат точек по осям  $OX$ ,  $OY$  и  $OZ$ , которые соответствуют значениям заданной функции в сферической системе координат.

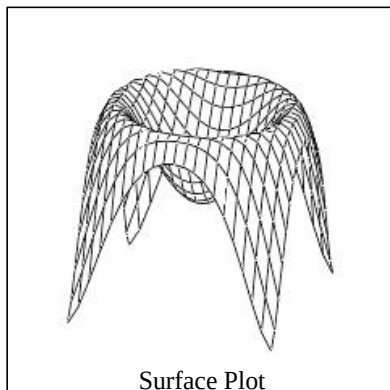
Пересчет координат сферической системы произвольной функции  $f(\theta, \phi)$  в координаты декартовой системы выполняется по следующим формулам:

$$X = f(\theta, \phi) \sin(\phi) \cos(\theta);$$

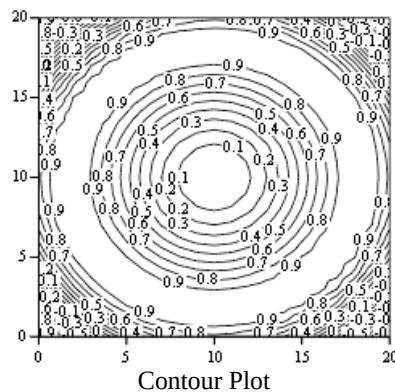
$$Y = f(\theta, \phi) \sin(\phi) \sin(\theta);$$

$$Z = f(\theta, \phi) \cos(\phi).$$

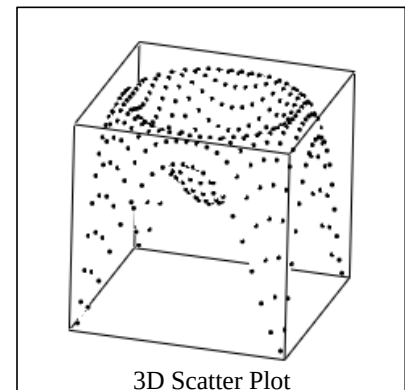
|                               |                                                                           |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| $i := 0, 0 + 1..20$           | Индексы аргумента X, для вычисления дискретных значений данного аргумента |
| $j := 0, 0 + 1..20$           | Индексы аргумента Y, для вычисления дискретных значений данного аргумента |
| $x(i) := -1.5 + 0.15 \cdot i$ | Выражение для вычисления дискретных значений аргумента X                  |
| $y(j) := -1.5 + 0.15 \cdot j$ | Выражение для вычисления дискретных значений аргумента Y                  |
| $F(x, y) := \sin(x^2 + y^2)$  | Выражение описывающее заданную функцию                                    |
| $M_{i,j} := F(x(i), y(j))$    | Заполнение матрицы значениями функции, вычисленными в дискретных точках   |



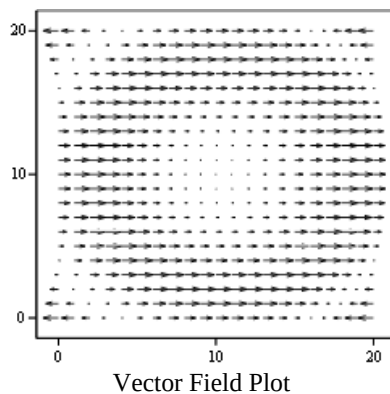
M



M



M



M



M

Рис. 2.6 — Фрагмент инструкций *MathCAD* при построения трехмерных графиков на примере функции  $F(x, y) = \sin(x^2 + y^2)$

На рис. 2.7 показан пример построения графика функции  $f(\theta, \phi) = 1$ , представляющего сферическую поверхность с единичным радиусом.

$N := 20$  Число вертикальных линий раздела

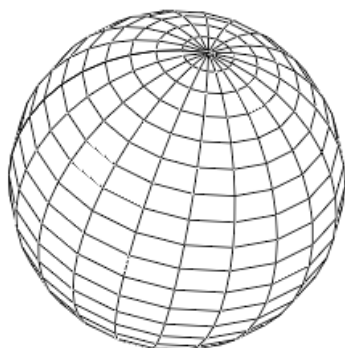
$f(\theta, \phi) := 1$  Заданная функция

Вычисление сферических координат:

$i := 0..N$        $\phi_i := i \cdot 2 \cdot \frac{\pi}{N}$        $j := 0..N$        $\theta_j := j \cdot \frac{\pi}{N}$

Вычисление декартовых координат:

$X_{i,j} := f(\theta_j, \phi_i) \cdot \sin(\theta_j) \cdot \cos(\phi_i)$      $Y_{i,j} := f(\theta_j, \phi_i) \cdot \sin(\theta_j) \cdot \sin(\phi_i)$      $Z_{i,j} := f(\theta_j, \phi_i) \cdot \cos(\theta_j)$



Сферическая поверхность

(X, Y, Z)

Рис. 2.7 — Фрагмент инструкций *MathCAD* при построении графика в сферической системе координат

### 2.2.6. Построение трехмерных графиков фигур вращения

Построение трехмерных графиков методом вращения линии вокруг координатной оси используется в тех случаях, когда необходимо получить изображение тела вращения при известной функции, описывающей его профиль тела.

Для построения графика функции рассматриваемым методом необходимо определить пределы изменения аргумента функции и число точек, в которых вычисляется значение функции. Ввести угловую координату по аналогии с цилиндрической системой координат. Затем вычислить значение функции по заданному значению аргумента и определить ее проекции на координатные оси, причем проекция функции на ось вращения получится равной величине аргумента функции либо значению функции, а две другие координаты точки тела вращения определяются как проекции путем умножения значения функции либо ее аргумента на синус и косинус текущего угла в зависимости от того, вокруг какой из осей происходит вращение.

Примеры построения фигур вращения показаны на рис. 2.8 и 2.9.

Исходная функция:  $f(x) := x^2 \cdot \sin(x)$

Пределы изменения аргумента  $x$ :  $:= -$   $:=$

Количество отсчетов аргумента:  $m := 40$

Количество угловых отсчетов:  $n := 25$

Индексы отсчетов аргумента и угла:  $i := 0..m$   $j := 0..n$

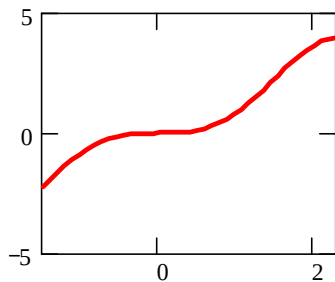
Значение аргумента функции по оси, вокруг которой происходит вращение:  $r_i := a + \frac{b-a}{m} \cdot i$

Значение текущего угла фигуры вращения:  $s_j := \frac{2 \cdot \pi \cdot j}{n}$

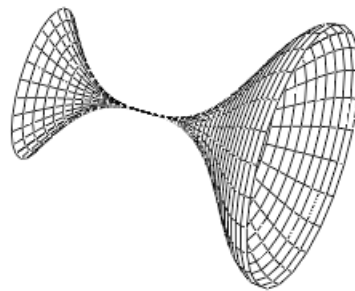
Проекция функции на ось вращения  $OX$ :  $X_{i,j} := r_i$

Проекции функции на оси  $OY$  и  $OZ$ :  $Y_{i,j} := f(r_i) \cdot \cos(s_j)$   $Z_{i,j} := f(r_i) \cdot \sin(s_j)$

График функции  $f(x)$



Фигура, образованная вращением линии  $f(x)$  вокруг оси  $OX$



$(X, Y, Z)$

Рис. 2.8 — Фрагмент инструкций *MathCAD* для построения фигуры вращением линии вокруг оси  $OX$

Исходная функция:  $f(x) := -(x \cdot \sin(x))^2$

Пределы изменения аргумента  $x$ :  $:=$   $:=$

Количество отсчетов аргумента:  $m := 40$

Количество угловых осчетов:  $n := 25$

Индексы отсчетов аргумента и угла:  $i := 0..m$   $j := 0..n$

Значение аргумента функции:  $r_i := a + \frac{b-a}{m} \cdot i$

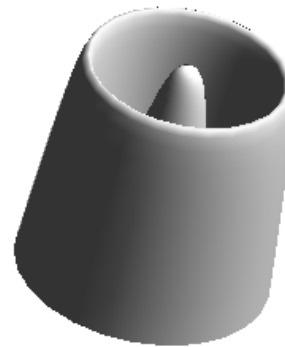
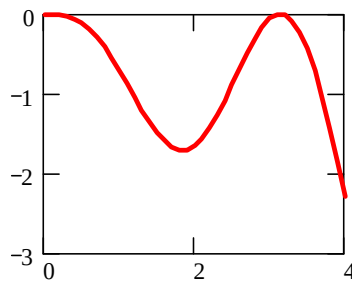
Значение текущего угла фигуры вращения:  $s_j := -\pi + \frac{2 \cdot \pi \cdot j}{n}$

Проекция значения функции на ось вращения OY:  $Y_{i,j} := f(r_i)$

Проекции аргумента функции на оси OX и OZ:  $X_{i,j} := r_i \cdot \sin(s_j)$   $Z_{i,j} := r_i \cdot \cos(s_j)$

График функции  $f(x)$

Фигура, образованная вращением линии  $f(x)$  вокруг оси OY



$(X, Y, Z)$

Рис. 2.9 — Фрагмент инструкций *MathCAD* для построения фигуры вращением линии вокруг оси OY

### 2.2.7. Параметры двумерных графиков

Для изменения параметров двумерных графиков необходимо навести курсор мыши на шаблон графика, и щелкнуть дважды левой кнопкой мыши. При этом откроется окно настройки с четырьмя закладками:

- **Оси X-Y (X-Y Axes)** — управление опциями осей;
- **Трассировка (Traces)** — управление линиями графика;
- **Подписи (Labels)** — управление метками (подписями) у осей;
- **По умолчанию (Defaults)** — задание опций по умолчанию.

Ниже рассмотрены основные настройки на указанных закладках.

Управление опциями осей координат — **Ocu X-Y (X-Y Axes)**:

- **Логарифмический масштаб (Log Scale)** — установка логарифмического масштаба осей координат;
- **Линии сетки (Grid Lines)** — установка линий масштабной сетки;
- **Нумерация (Numbered)** — установка цифровых данных по осям;

- **Автомасштабирование (*Autoscale*)** — автоматическое масштабирование графика;
- **Нанести риски (*Show Markers*)** — установка делений на осях координат;
- **Автосетка (*AutoGrid*)** — автоматическая установка масштабных линий;
- **Количество сеток (*No. of Grids*)** — установка заданного числа масштабных линий;
- **Отображение осей (*Axes Style*)** — параметры координатных осей:
  - 1) **По краям (*Boxed*)** — оси координат в виде прямоугольника;
  - 2) **По центру (*Crossed*)** — оси координат в виде креста по центру графика;
  - 3) **Не отображать (*None*)** — не отображать оси координат;
  - 4) **В одинаковом масштабе (*Equal Scales*)** — установка равенства масштабов по осям координат графика.

Если параметр **Линии сетки (*Grid Lines*)** отключен, то масштабная сетка графика не строится, хотя на осях координат размещаются короткие деления. Параметр **Нумерация (*Numbered*)** обеспечивает редактирование области изменения координаты и функции.

Управление параметрами линий— **Трассировка (*Traces*)**:

- **Обозначение в легенде (*Legend Label*)** — указание типа линий у оси ординат;
- **Символ (*Symbol*)** — выбор символа, который помещается на линию;
- **Линия (*Line*)** — установка типа линий (сплошная, пунктирная и др.);
- **Цвет (*Color*)** — установка цвета линии и базовых точек;
- **Тип (*Trace type*)** — тип отображения графиков (линия, точки и др.);
- **Толщина линии (*Weight*)** — толщина линий;
- **Символ (*Symbol*)** — установка символа отметки базовых точек графика;
- **Скрыть аргументы (*Hide Argument*)** — прячет обозначения математических выражений по осям графика;
- **Скрыть легенду (*Hide Legend*)** — прячет обозначения имен кривых графика.

При печати документов, содержащих двухмерные графики, рекомендуется увеличить толщину линий либо выделить их символами, для чего необходимо выполнить следующие действия:

- навести курсор на шаблон графика и дважды щелкнуть левой кнопкой мыши;

- в открывшемся окне настроек выбрать закладку **Трассировка (Traces)**;
- на закладке **Трассировка** выбрать номер требуемого графика, и затем можно изменить представление графика, добавив символы, подобрав тип и цвет и толщину линии. При необходимости также можно изменить и тип графика. Просмотреть выполненные изменения можно, не закрывая окна настроек, нажав кнопку **Применить (Apply)**.

Управление надписями на графике — **Подписи (Labels)**:

- **Заголовок (Title)** — установка титульной надписи к рисунку;
- **Ось X (X-Axis)** — установка надписи по оси **X**;
- **Ось Y (Y-Axis)** — установка надписи по оси **Y**.

В группе **Заголовок (Title)** содержатся команды **Сверху (Above)** и **Снизу (Below)** для установки названия рисунка либо сверху, либо снизу. Команда **Показывать заголовок (Show Title)** позволяет включать или выключать отображение названия графика.

Задание команд по умолчанию — **По умолчанию (Defaults)**:

- **Использовать умолчания (Change to Defaults)** — вернуть значения команд по умолчанию;
- **Использовать в качестве значений по умолчанию (Use for Defaults)** — использовать новые настройки для значений по умолчанию.

#### 2.2.8. Параметры трехмерных графиков

Для изменения параметров трехмерных графиков необходимо навести курсор мыши на шаблон графика, и щелкнуть дважды левой кнопкой мыши. При этом также откроется окно настройки с несколькими закладками:

- **Общие (General)** — общий вид графиков, осей и рамок;
- **Оси (Axes)** — вид осей координат;
- **Оформление (Appearance)** — выбор цветов, параметров и типов линий, заливки и точек;
- **Подсветка (Lighting)** — параметры подсветки трехмерных графиков;
- **Заголовок (Title)** — заголовок графика;
- **Задние планы (Backplanes)** — настройка заднего плана графика;
- **Специальная (Special)** — настройка специальных параметров контуров, столбчатых диаграмм и сетки;
- **Дополнительно (Advanced)** — дополнительные настройки просмотра графиков;

- **Данные быстрого графика (*Quick Plot Data*)** — выбор системы координат, настройка начальных и конечных значений, а также сетки.

Каждая закладка имеет группы команд настроек, рассмотрим подробнее основные закладки.

Закладка **Общие (*General*)**:

- группа **Просмотр (*View*)** — настройки отображения графика:
  - 1) **Поворот (*Rotation*)** — задание угла поворота;
  - 2) **Наклон (*Tilt*)** — задание угла наклона;
  - 3) **Изгиб (*Twist*)** — угол кручения;
  - 4) **Масштаб (*Zoom*)** — задание масштаба отображения графика;
- группа **График *N* (*Plot N*)** — настройки вида 3D графиков:
  - 1) **График поверхности (*Surface Plot*)** — в виде 3D поверхности;
  - 2) **Линии уровня (*Contour Plot*)** — в виде линий равного уровня;
  - 3) **Точки данных (*Data Point*)** — в виде отдельных точек в 3D пространстве;
  - 4) **Векторное поле (*Vector Field Plot*)** — в виде векторного поля;
  - 5) **Столбчатая диаграмма (*Bar Plot*)** — в виде трехмерных гистограмм;
  - 6) **Лоскутный график (*Patch Plot*)** — в виде ленточных, фрагментарных поверхностей, закрывает непрозрачными площадками ячейки трехмерного графика;
- группа **Рамки (*Frames*)** — установка опций видимости ограничительных элементов графиков:
  - 1) **Показать границу (*Show Border*)** — задает рисунок графика в рамке;
  - 2) **Показать поле (*Show Box*)** — задает рисунок графика в трехмерном параллелепипеде.
- вид осей — **Оси (*Axes*)**:
  - 1) **Провести линии (*Draw Lines*)** — вывод масштабных линий;
  - 2) **Нарисовать деления (*Draw Ticks*)** — вывод делений на осях;
  - 3) **Автосетка (*Auto Grid*)** — автоматический выбор числа линий;
  - 4) **Цвет линии (*Line Color*)** — цвет линий сетки;
  - 5) **Число (*Number*)** — прямое задание количества интервалов;
  - 6) **Толщина линии (*Line Weight*)** — толщина линий сетки;
  - 7) **Показать числа (*Show Numbers*)** — вывод числовых значений у линий сетки;
  - 8) **Цвет осей (*Axis Color*)** — выбор цвета осей;
  - 9) **Толщина осей (*Axis Weight*)** — толщина линий осей;
  - 10) **Мин. значение (*Minimum Value*)** — минимальное значение координаты;



- 11) **Макс. Значение (*Maximum Value*)** — максимальное значение координаты.

Закладка **Оформление (*Appearance*)**:

- группа **Параметры заливки (*Fill Options*)** — установка параметров заливки поверхности трехмерного графика:
  - 1) **Поверхность с заливкой (*Fill Surface*)** — заливка поверхности трехмерного графика цветом;
  - 2) **Заливка контуров (*Fill Contours*)** — контурное раскрашивание графика;
  - 3) **Без заливки (*No Fill*)** — отображение графика без заливки;
- группа **Параметры линий (*Line Options*)** — установка параметров отображения линий графика:
  - 1) **Каркас (*Wireframe*)** — отображение всех линий графика;
  - 2) **Линии контура (*Contour Lines*)** — отображает только контурные линии уровней;
  - 3) **Без линий (*No Lines*)** — скрывает все линии графика;
  - 4) **Скрыть линии (*Hide Lines*)** — скрывает линии графика, закрываемые (поверхностью) линиями переднего плана;
- группа **Параметры точек (*Point Options*)** — параметры отображения узловых точек графика:
  - 1) **Нарисовать точки (*Draw Points*)** — отобразить узловые точки графика;
  - 2) **Символ (*Symbol*)** — установить символ для узловых точек;
  - 3) **Размер (*Size*)** — установить размер символов узловых точек.

Закладка **Заголовок (*Title*)**:

- **Заголовок графика (*Graph Title*)** — окно ввода название графика;
- **Сверху (*Above*)** и **Снизу (*Below*)** — установка местоположения надписи относительно рисунка;
- **Скрыть (*Hide*)** — скрыть заголовок графика.

Закладка **Задние планы (*Back Plans*)**:

- **Заливка заднего плана (*Fill Backplane*)** — установка цвета плоскости заднего плана;
- **Граница заднего плана (*Backplane Border*)** — отобразить границу плоскости заднего плана;
- **Провести линии (*Draw Lines*)** — отобразить линии сетки на плоскости заднего плана;
- **Выводить деления (*Draw Ticks*)** — отобразить деления на осях.

### 2.3. Порядок выполнения задания

Вариант задания выдается преподавателем. Перед выполнением задания необходимо ознакомиться с разделами 2.1 и 2.2 данного пособия, а за-

тем выполнить требуемые действия в рабочем окне ППП *MathCAD*. Исходные данные для выполнения индивидуального задания приведены в таблицах 2.2 и 2.3.

Таблица 2.2 — Индивидуальные задания

| Вариант | $f_1(x)$                           | $f_2(\phi)$                       | $x(t)$                 | $y(t)$                 | $t_1$ | $t_2$   |
|---------|------------------------------------|-----------------------------------|------------------------|------------------------|-------|---------|
| 1       | $\sin(3x)/(3x)$                    | $0,1\phi$                         | $\cos(4t)$             | $\cos(4t)$             | 0     | $2\pi$  |
| 2       | $\cos(x)/x$                        | $e^{0,15\phi}$                    | $6\cos(t) - 3\cos(6t)$ | $6\sin(t) - 3\sin(6t)$ | 0     | $2\pi$  |
| 3       | $\operatorname{tg}(x)/x$           | $e^{0,1\phi}[1 + 0,3\sin(8\phi)]$ | $3\cos(t) - 3\cos(3t)$ | $3\sin(t) - 3\sin(3t)$ | 0     | $2\pi$  |
| 4       | $\sin^2(x)/x^2$                    | $1 + \cos(\phi)$                  | $9\cos(t) - 3\cos(9t)$ | $9\sin(t) - 3\sin(9t)$ | 0     | $2\pi$  |
| 5       | $1/\cos(x)$                        | $0,5 + 2\sin(\phi)$               | $9\cos(t) - 7\cos(9t)$ | $9\sin(t) - 7\sin(9t)$ | 0     | $2\pi$  |
| 6       | $e^{-x} \cos(x)$                   | $2 - \cos(3\phi)$                 | $9\cos(t) + 5\cos(9t)$ | $9\sin(t) - 5\sin(9t)$ | 0     | $2\pi$  |
| 7       | $1/(x^2 - 3)$                      | $1 + 2\cos^2(\phi)$               | $\sin(5t) + t$         | $\cos(5t)$             | 0     | $3\pi$  |
| 8       | $x^3 - 4x^2 + 3x - 1$              | $e^{0,1\phi} \sin(\phi)$          | $t^2$                  | $\cos(3t)$             | 0     | $4\pi$  |
| 9       | $x^3 - x^2 - \operatorname{tg}(x)$ | $e^{\phi}$                        | $\ln(t)$               | $\cos(7t)$             | 0     | $\pi$   |
| 10      | $1/(x - 1)^2$                      | $e^{\cos(\phi)}$                  | $t - 3$                | $(t^2 + 3t - 1)/t$     | 0     | 10      |
| 11      | $1/(x^2 + 1)$                      | $\operatorname{tg}(0,2\phi)$      | $\sin(t)$              | $t^2 + 5t - 2$         | -5    | 12      |
| 12      | $e^x - e^{-2x}$                    | $\ln(3\phi)$                      | $ \cos(t) $            | $t^2$                  | 0     | 12      |
| 13      | $\sin(x^2 + 2x + 1)$               | $\sqrt{1,7\phi - 1}$              | $ \cos(t) $            | $ \sin(2t) $           | 0     | $\pi/2$ |
| 14      | $\ln[\operatorname{tg}(2x - 1)]$   | $(\phi^2 - 1)/(\phi + 5)$         | $\cos(t)$              | $\sin(3t)$             | 0     | $2\pi$  |
| 15      | $(1 - x)/(1 + x)$                  | $(\phi - 3)/(\phi + 1)$           | $\cos(4t)$             | $t^2 + 3t$             | 0     | $5\pi$  |
| 16      | $\sin(x)/x$                        | $(\phi - 5)/(\phi + 4)$           | $\sin(3t)$             | $\sin(3t)$             | 0     | $2\pi$  |
| 17      | $\cos(x - 2)/(x - 2)$              | $(\phi^2 - 2)/(\phi + 3)$         | $5\sin(t) - 2\sin(5t)$ | $5\cos(t) - 2\cos(5t)$ | 0     | $2\pi$  |
| 18      | $\operatorname{tg}(x + 7)/x$       | $\sqrt{5,7\phi + 1}$              | $2\sin(t) - 2\sin(3t)$ | $2\cos(t) - 2\cos(3t)$ | 0     | $2\pi$  |
| 19      | $\sin^2(x + 2)/(x + 2)^2$          | $\lg(7\phi)$                      | $7\sin(t) - 3\sin(7t)$ | $7\cos(t) - 3\cos(7t)$ | 0     | $2\pi$  |
| 20      | $1/\cos(2x + 1)$                   | $\operatorname{tg}(1,75\phi)$     | $8\sin(t) - 6\sin(8t)$ | $8\cos(t) - 6\cos(8t)$ | 0     | $2\pi$  |
| 21      | $e^{-x} \sin(x)$                   | $e^{\sin(\phi)}$                  | $9\sin(2t) - 4\sin(t)$ | $9\cos(2t) + 4\cos(t)$ | 0     | $2\pi$  |
| 22      | $1/(x^2 + 3)$                      | $e^{-\phi}$                       | $\cos(7t)$             | $\sin(7t) + t$         | 0     | $2\pi$  |
| 23      | $2x^3 + 2x^2 - 3x - 7$             | $e^{0,1\phi} \cos(\phi)$          | $\sin(3t)$             | $t^2$                  | 0     | $\pi$   |
| 24      | $\operatorname{tg}(x) - x^3 + x^2$ | $1 - 3\cos^2(\phi)$               | $\cos(5t)$             | $\lg(t)$               | 0     | $\pi$   |

| Вариант | $f_1(x)$             | $f_2(\phi)$                    | $x(t)$             | $y(t)$       | $t_1$ | $t_2$   |
|---------|----------------------|--------------------------------|--------------------|--------------|-------|---------|
| 25      | $1/(x+1)^2$          | $1 - \cos(2\phi)$              | $(t^2 + 2t - 1)/t$ | $t - 5$      | -2    | 11      |
| 26      | $1/(x^2 - 1)$        | $0,7 + 3\cos(\phi)$            | $t^2 + 4t - 3$     | $\sin(1,5t)$ | -6    | 9       |
| 27      | $e^{0,5x} - e^{-x}$  | $1 + \sin(\phi)$               | $t^2 - 2$          | $ \cos(t) $  | -5    | 14      |
| 28      | $\sin(x^2 - 2x - 1)$ | $e^{0,1\phi}[1 + \sin(2\phi)]$ | $ \sin(2t) $       | $ \cos(t) $  | 0     | $\pi/2$ |
| 29      | $\lg[\lg(5x - 7)]$   | $e^{-0,25\phi}$                | $\sin(3t)$         | $\cos(t)$    | 0     | $2\pi$  |
| 30      | $(2 - x)/(2 + x)$    | $-0,34\phi$                    | $t^2 - 3t$         | $\cos(5t)$   | 0     | $5\pi$  |

Таблица 2.3 — Индивидуальные задания

| Вариант | $z(x, y)$           | $A$ | $z(x)$                  | $x_1$  | $x_2$ |
|---------|---------------------|-----|-------------------------|--------|-------|
| 1       | $\sin(x^3 + y^3)$   | 0,9 | $x^3 \sin(x)$           | -1,5   | 2,5   |
| 2       | $\cos(x^2 + y^2)$   | 1,0 | $x^2 \cos(x)$           | -1,5   | 2,5   |
| 3       | $e^{x^2 + y^2}$     | 3,1 | $\operatorname{tg}(x)$  | 0      | 2     |
| 4       | $x^2 + y^2$         | 1,2 | $e^x$                   | 0      | 3     |
| 5       | $x^3 + y^3$         | 3,3 | $e^{\sin(x)}$           | -1     | 2     |
| 6       | $x^2 \cos(y)$       | 1,4 | $x^{\cos(x)}$           | 0      | 5     |
| 7       | $x^2 \sin(y)$       | 3,5 | $x^3 - 2x^2 + 3x - 1$   | -3     | 3     |
| 8       | $\sin(x) \cos(y)$   | 1,6 | $x^3 + 5x^2 - 7x + 3$   | -2,5   | 2,9   |
| 9       | $\sin(x) \sin(y)$   | 1,7 | $\sin(x^3)$             | -2     | 2     |
| 10      | $ \sin(xy) $        | 1,8 | $\cos(x^2)$             | $-\pi$ | $\pi$ |
| 11      | $\cos(2x + y)$      | 1,9 | $e^{-x} \sin(5x)$       | 0      | $\pi$ |
| 12      | $(2x - 1)(10y + 2)$ | 2,0 | $e^x \cos(6x)$          | 0      | $\pi$ |
| 13      | $e^{2x} + y^2$      | 4,1 | $(1 - e^{-x}) \cos(4x)$ | 0      | 4     |
| 14      | $e^x \sin(3y)$      | 2,2 | $(1 - e^{-x}) \sin(8x)$ | -3     | 0     |
| 15      | $e^{2y} \cos(5x)$   | 2,3 | $3x - 2x^2$             | 0      | 2     |
| 16      | $\cos(x^3 + y^3)$   | 0,7 | $5x - x^2$              | -5     | 5     |
| 17      | $\sin(x^2 + y^2)$   | 1,1 | $(1 - e^{-x}) \sin(2x)$ | -3     | 0     |
| 18      | $e^{x^2 - y^2}$     | 3,4 | $(1 - e^{-x}) \cos(3x)$ | -1     | 0     |
| 19      | $x^2 - y^2$         | 1,3 | $e^x \cos(2,5x)$        | 0      | 3     |
| 20      | $x^3 - y^3$         | 3,7 | $e^{-x} \sin(3x)$       | 1      | 3     |

| Вариант | $z(x, y)$            | $A$ | $z(x)$                   | $x_1$ | $x_2$ |
|---------|----------------------|-----|--------------------------|-------|-------|
| 21      | $x^2 \cos(2y)$       | 5,4 | $\sin(2x^2)$             | -1    | 1     |
| 22      | $x^2 \sin(2y)$       | 3,1 | $\cos(x^3 - 1)$          | -1    | 1,5   |
| 23      | $\cos(x)\sin(y)$     | 2,6 | $x^3 - 5x^2 + 5x - 2$    | -10   | -5    |
| 24      | $\cos(x)\cos(y)$     | 2,7 | $x^3 + 2x^2 - 2x + 1$    | -10   | 10    |
| 25      | $ \cos(xy) $         | 2,8 | $x^{\sin(x)}$            | 2     | 6     |
| 26      | $\sin(3x + 2y)$      | 2,9 | $e^{\cos(x)}$            | 0     | 5     |
| 27      | $(2x + 0,5)(5y - 1)$ | 3,0 | $e^{1-x}$                | 0     | 1     |
| 28      | $x^2 + e^{2y}$       | 4,5 | $1/\operatorname{tg}(x)$ | 0,2   | 2     |
| 29      | $e^x \cos(2y)$       | 3,2 | $x^2 \sin(x)$            | -1    | 1,5   |
| 30      | $e^{1,5y} \sin(3x)$  | 5,7 | $x^3 \cos(x)$            | 5     | 7     |

**2.3.1.** Открыть ППП *MathCAD* и создать в окне программы новый документ.

**2.3.2.** Построить двумерный график функции  $f_1(x)$  в декартовой системе координат (таблица 2.2). Выбрать самостоятельно начальное и конечное значения аргумента, а также его шаг с учетом области допустимых значений аргумента функции. Пример решения задания показан на рис. 2.2 и 2.3.

**2.3.3.** Построить двумерный график  $f_2(\phi)$  в полярной системе координат (таблица 2.2). Изменение аргумента функции должно производиться от 0, а конечное значение аргумента и его шаг требуется выбрать и обосновать самостоятельно с учетом области допустимых значений аргумента функции. Пример решения задания показан на рис. 2.4.

**2.3.4.** Построить график параметрической функции в декартовой системе координат заданной выражениями  $x(t)$  и  $y(t)$  при изменении параметра от  $t_1$  до  $t_2$  (таблица 2.2). Шаг изменения параметра  $t$  выбрать самостоятельно. Пример решения задания показан на рис. 2.5.

**2.3.5.** Построить график функции  $z(x, y)$  в виде трехмерной поверхности (таблица 2.3). Начальные и конечные значения аргументов, а также шаг их изменения выбрать самостоятельно. Пример решения задания см. на рис. 2.6.

**2.3.6.** Построить в сферической системе координат график функции  $f_3(\theta, \phi) = \sqrt{1 + A^2 \cos^2 \phi \sin^2 \theta + 2A \cos \phi \sin \theta}$ . Аргумент  $\theta$  изменяется от 0 до  $\pi$ , а аргумент  $\phi$  — от 0 до  $2\pi$ . Коэффициент  $A$  выбирается из таблицы 2.3. Пример решения задания показан на рис. 2.7.

**2.3.7.** Построить трехмерную фигуру, полученную вращением кривой описываемой функцией  $z(x)$  вокруг оси  $OZ$ . Значение аргумента функции  $x$  изменяется от  $x_1$  до  $x_2$  (таблица 2.3). Шаг изменения аргумента выбрать самостоятельно. Пример решения задания показан на рис. 2.8 и 2.9.

**2.3.8.** Сохранить полученный документ на диске в папке, указанной преподавателем. Распечатать полученные результаты. Оформить отчет.

## 2.4. Требования к содержанию отчета

Отчет должен содержать:

- формулировку цели задания;
- постановку задачи и индивидуальные задания из таблиц 2.2 и 2.3, соответствующие варианту задания;
- описание основных элементов палитры инструментов **График** (*Graph Toolbar*), используемых при построении графиков;
- описание хода выполнения работы. Обосновать для строящихся графиков выбор начальных и конечных значений аргументов, а также — шага изменения аргументов. Перечислить используемые элементы интерфейса программы;
- копию рабочего окна с результатами расчета;
- выводы, в которых следует представить следующие сведения:
  - 1) указать особенности построения различных типов графиков в ППП *MathCAD*;
  - 2) изложить критерии выбора шага изменения аргументов функций при построении графиков;
  - 3) оценить достоинства и недостатки ППП *MathCAD* при построении графиков.

## 2.5. Контрольные вопросы

**2.5.1.** Перечислите палитры инструментов и команды ППП *MathCAD* используемые при работе с графиками.

**2.5.2.** Опишите общую структуру вычислительного документа при построении графиков.

**2.5.3.** Каковы критерии выбора числа точек, достаточного для построения графика? Как в ППП *MathCAD* задать автоматический выбор величины шага изменения аргумента функции, а также его начального и конечного значений?

**2.5.4.** Каким образом строятся двухмерные графики? Чем отличается построение графиков в полярной системе координат от построения в декартовой системе? Каковы особенности построения графиков параметрических функций?

**2.5.5.** Каким образом производится построение трехмерных графиков? Каковы особенности построения трехмерных графиков? Какие используются виды отображения трехмерных графиков?

**2.5.6.** Каким образом выполняется построение трехмерных графиков в сферической системе координат?

**2.5.7.** Каким образом выполняется построение фигур вращения в ППП *MathCAD*?

### 3. ЗАДАНИЕ № 3

#### ВЫПОЛНЕНИЕ СИМВОЛЬНЫХ РАСЧЕТОВ В ПРОГРАММЕ *MATHCAD*

#### 3.1. Цель задания

Целью задания является изучение способов и алгоритмов проведения символьных вычислений и преобразований в ППП *MathCAD*.

#### 3.2. Теоретические сведения

ППП *MathCAD* содержит встроенное ядро символьной математики, которое позволяет выполнять символьные преобразования и оптимизацию численных расчетов. Данное ядро заимствовано в сокращенном виде у разработчиков математического из программного обеспечения ***Waterloo Maple Software*** в сокращенном виде и поэтому имеет ограниченные возможности символьных преобразований и вычислений, по сравнению с исходной версией ядра символьных преобразований.

Символьные вычисления и преобразования осуществляются двумя способами:

- используя пункт меню Символьные операции (***Symbolics***);
- с помощью палитры операторов символьной математики .

При проведении символьных расчетов с использованием меню исходное выражение должно быть выделено (курсор должен находиться внутри выражения). Выделенное выражение будет отображаться в рамке. Если для проведения символьного преобразования должна быть указана переменная, относительно которой это преобразование будет выполняться, то она должна быть выделена курсором (синим уголком). В преобразуемые выражения нельзя вводить функции пользователя.

##### 3.2.1. Символьные вычисления

При символьном вычислении некоторые переменные могут не иметь определенного числового значения. Чтобы выполнить символьные вычисления по пути через пункт меню **Символьные операции → Вычислить → Аналитически** (***Symbolics → Evaluate → Symbolically***), необходимо:

- ввести в документ математическое выражение;
- используя манипулятор «мышь» или курсорные клавиши, выделить полностью математическое выражение;
- войти в меню **Символьные операции** (***Symbolics***) и в нем выбрать команду **Вычислить → Аналитически** (***Evaluate → Symbolically***).

После выполнения команды на экране ниже заданного выражения появится результат численных вычислений, если положение курсора зада-

но не верно, либо заданное выражение является слишком сложным, то вместо результата будет выведено то же самое выражение либо сообщение о невозможности вычислений.

Для использования в символьных вычислениях палитры операторов символьной математики **Символьные операции (Symbolic)** необходимо:

- вызвать данную палитру либо через меню **Вид → Панели инструментов (View → Toolbars)**, либо нажатием кнопки ;
- ввести в документ математическое выражение;
- используя манипулятор «мышь» или курсорные клавиши выделить полностью математическое выражение;
- затем в палитре **Символьные операции (Symbolic)** необходимо выбрать инструмент **Аналитические преобразования (SymbolicEvaluation)** .

После выбора указанного инструмента на экране справа от стрелки появится результат численных вычислений.

Пример численных вычислений с помощью меню **Символьные операции (Symbolics)** приведен на рис. 3.1, а с помощью палитры **Символьные операции (Symbolic)** — на рис. 3.2.

$$\begin{array}{cc} \frac{d}{dx} \sin(a \cdot x) & \sum_i i \\ \cos(a \cdot x) \cdot a & \frac{1}{2} \cdot i^2 - \frac{1}{2} \cdot i \end{array}$$

Рис. 3.1 — Пример символьных вычислений через меню **Символьные операции (Symbolics)**

$$\begin{array}{cc} \frac{d}{dx} \sin(a \cdot x) \rightarrow \cos(a \cdot x) \cdot a & \\ \sum_i i \rightarrow \frac{1}{2} \cdot i^2 - \frac{1}{2} \cdot i & \end{array}$$

Рис. 3.2 — Пример символьных вычислений через палитру **Символьные операции (Symbolic)**

### 3.2.2. Символьные преобразования

Символьные преобразования можно производить либо используя меню **Символьные операции (Symbolics)**. Однако более удобным и наглядным вариантом символьных преобразований является использование палитры **Символьные операции (Symbolic)** . При использовании палитры операторов символьной математики можно либо нажимать мышью кнопку соответствующего оператора на палитре и заполнять поля появившегося шаблона, или нажать клавишу шаблона  и в вызванном шаблоне вводить преобразуемое математическое выражение.

Расшифровка основных операторов символьного преобразования приведена в таблице 3.1.



Таблица 3.1 — Основные операторы символьных преобразований

| Оператор в палитре<br>Символьные операции ( <i>Symbolic</i> ) | Команда в меню<br>Символьные операции ( <i>Symbolics</i> )                | Описание оператора                                                                                      |
|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b><i>simplify</i></b>                                        | Упростить ( <i>Simplify</i> )                                             | Упростить                                                                                               |
| <b><i>expand</i></b>                                          | Развернуть ( <i>Expand</i> )                                              | Разложить выражение на наибольшее число слагаемых                                                       |
| <b><i>factor</i></b>                                          | Факторизовать ( <i>Factor</i> )                                           | Разложить на множители                                                                                  |
| <b><i>collect</i></b>                                         | Сборка ( <i>Collect</i> )                                                 | Представить в виде многочлена                                                                           |
| <b><i>coeffs</i></b>                                          | Полиномиальные коэффициенты ( <i>Polinomial Coefficients</i> )            | Выделить коэффициенты полинома в виде вектора                                                           |
|                                                               | Переменная → Дифференцировать ( <i>Variable → Differentiate</i> )         | Дифференцировать по указанной переменной                                                                |
|                                                               | Переменная → Интегрировать ( <i>Variable → Integrate</i> )                | Интегрировать по указанной переменной                                                                   |
| <b><i>series</i></b>                                          | Переменная → Разложить в ряд... ( <i>Variable → Expand to Series...</i> ) | Разложить в ряд Тейлора, по умолчанию $n = 6$                                                           |
| <b><i>substitute</i></b>                                      | Переменная → Подставить ( <i>Variable → Substitute</i> )                  | Произвести подстановку для указанной переменной                                                         |
| <b><i>solve</i></b>                                           | Переменная → Решить ( <i>Variable → Solve</i> )                           | Найти символьное решение уравнения относительно заданной переменной. Решается уравнение типа $F(x) = 0$ |
| <b><i>fourier</i></b>                                         | Преобразование → Фурье ( <i>Transform → Fourier</i> )                     | Прямое преобразование Фурье относительно выделенной переменной                                          |
| <b><i>invfourier</i></b>                                      | Преобразование → Обратное Фурье ( <i>Transform → Inverse Fourier</i> )    | Обратное преобразование Фурье относительно выделенной переменной                                        |

| Оператор в палитре<br>Символьные операции ( <i>Symbolic</i> ) | Команда в меню<br>Символьные операции<br>( <i>Symbolics</i> )                  | Описание оператора                                                 |
|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| <b><i>laplace</i></b>                                         | Преобразование →<br>Лапласа<br>( <i>Transform → Laplace</i> )                  | Прямое преобразование Лапласа относительно выделенной переменной   |
| <b><i>invlaplace</i></b>                                      | Преобразование →<br>Обратное Лапласа<br>( <i>Transform → Inverse Laplace</i> ) | Обратное преобразование Лапласа относительно выделенной переменной |
| <b><i>ztrans</i></b>                                          | Преобразование →<br>Z-преобразование<br>( <i>Transform → Z</i> )               | Прямое Z-преобразование относительно выделенной переменной         |
| <b><i>invztrans</i></b>                                       | Преобразование →<br>Обратное Z<br>( <i>Transform → Inverse Z</i> )             | Обратное Z-преобразование относительно выделенной переменной       |

Примеры выполнения символьных преобразований в ППП *MathCAD* показаны на рис. 3.3 и 3.4.

**Series** - разложение в ряд Тейлора

$$\frac{\sin(x+1)}{x+1} \text{ series, } x=0 \rightarrow \sin(1) + (\cos(1) - \sin(1)) \cdot x + \left(\frac{1}{2} \cdot \sin(1) - \cos(1)\right) \cdot x^2 + \left(\frac{5}{6} \cdot \cos(1) - \frac{1}{2} \cdot \sin(1)\right) \cdot x^3 + \dots$$

**Substitute** - подстановка для указанной переменной

$$\text{Заменить } x \text{ на } y-a \quad x^3 + 2 \cdot x^2 + 1 \text{ substitute } x = y-a \rightarrow (y-a)^3 + 2 \cdot (y-a)^2 + 1$$

**Solve** - символьное решение уравнений относительно заданной переменной

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

$$x^4 + 9 \cdot x^3 + 31 \cdot x^2 + 59 \cdot x + 60 \text{ solve, } x \rightarrow \left( \begin{array}{c} -4 \\ -3 \\ -1 + 2 \cdot i \\ -1 - 2 \cdot i \end{array} \right)$$

**Fourier Transform** - прямое преобразование Фурье

$$\frac{1}{2} \cdot \exp\left(\frac{-1}{8} \cdot t^2\right) \text{ fourier, } t \rightarrow \frac{1}{2} \cdot \sqrt{8 \cdot \pi} \cdot \frac{1}{2} \cdot \exp\left(-2 \cdot \omega^2\right)$$

**Inverse Fourier Transform** - обратное преобразование Фурье

$$\frac{\sin(\omega)}{\omega} \text{ invfourier } \omega \rightarrow \frac{1}{4} \cdot \Phi(t+1) - \frac{1}{4} \cdot \Phi(-t-1) - \frac{1}{4} \cdot \Phi(t-1) + \frac{1}{4} \cdot \Phi(-t+1)$$

Рис. 3.3 — Примеры символьных преобразований в ППП *MathCAD*

**Simplify** - упрощение

$$\frac{-5}{x} + \frac{5}{x-1} - \frac{5}{(x-1)^2} + \frac{6}{(x-1)^3} + \frac{-4}{(x-1)^4} \text{ simplify} \rightarrow \frac{(x^2-5)}{x \cdot (x-1)^4}$$

$$\frac{d^3}{dx^3} \frac{1}{3 \cdot x + 2} \text{ simplify} \rightarrow \frac{-162}{(3 \cdot x + 2)^4}$$

$$\int_0^1 \int_0^{\sqrt{1+x^2}} \frac{1}{x^2 + y^2 + 1} dy dx \text{ simplify} \rightarrow \frac{-1}{4} \cdot \ln(\sqrt{2}-1) \cdot \pi$$

**Expand** - разложение на наибольшее число слагаемых

$$\sin(5 \cdot x) \text{ expand}, x \rightarrow 16 \cdot \sin(x) \cdot \cos(x)^4 - 12 \cdot \sin(x) \cdot \cos(x)^2 + \sin(x)$$

$$\text{expand}[(a+b)^5] \rightarrow a^5 + 5 \cdot a^4 \cdot b + 10 \cdot a^3 \cdot b^2 + 10 \cdot a^2 \cdot b^3 + 5 \cdot a \cdot b^4 + b^5$$

**Factor** - разложение на множители

$$x^3 - 6 \cdot x^2 + 11 \cdot x - 6 \text{ factor} \rightarrow (x-1) \cdot (x-2) \cdot (x-3)$$

$$x^2 - y^2 \text{ factor} \rightarrow (x-y) \cdot (x+y)$$

$$1 + 2 \cdot \cos(a)^2 + \cos(a)^4 \text{ factor} \rightarrow (1 + \cos(a)^2)^2$$

**Collect** - представление в виде многочлена

$$(a^3 + b)^4 \text{ collect}, a \rightarrow a^{12} + 4 \cdot b \cdot a^9 + 6 \cdot b^2 \cdot a^6 + 4 \cdot b^3 \cdot a^3 + b^4$$

**Coeffs** - выделение коэффициентов полинома в виде вектора

$$a \cdot x^3 + b \cdot x^2 + c \cdot x + d \text{ coeffs}, x \rightarrow \begin{pmatrix} d \\ c \\ b \\ a \end{pmatrix} \quad (a+b) \cdot (a-b) \text{ coeffs}, a \rightarrow \begin{pmatrix} -b^2 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

**Differentiate** - дифференцирование по указанной переменной

$$\text{исходное выражение} \quad (x \cdot \ln(x))^3 \quad \Gamma(x) \quad \text{erf}(x)$$

$$\text{результат (через меню)} \quad 3 \cdot x^2 \cdot \ln(x)^3 + 3 \cdot x^2 \cdot \ln(x)^2 \quad \Psi(x) \cdot \Gamma(x) \quad \frac{2}{\sqrt{\pi}} \cdot \exp(-x^2)$$

**Integrate** - интегрирование по указанной переменной

$$\text{исходное выражение} \quad \frac{1}{\sqrt{x^2 + a^2}} \quad \ln(x)^3$$

$$\text{результат (через меню)} \quad \ln(x + \sqrt{x^2 + a^2}) \quad \ln(x)^3 \cdot x - 3 \cdot x \cdot \ln(x)^2 + 6 \cdot x \cdot \ln(x) - 6 \cdot x$$

Рис. 3.4 — Примеры символьных преобразований в ППП *MathCAD* (продолжение)

### 3.3. Порядок выполнения задания

Вариант задания выдается преподавателем. Перед выполнением задания необходимо ознакомиться с подразделами 3.1 и 3.2 данного пособия, а затем выполнить требуемые действия в рабочем окне ППП *MathCAD*. Ис-

ходные данные для выполнения индивидуального задания приведены в таблицах 3.2 — 3.10. Примеры решения заданий показаны на рис. 3.1 — 3.4.

**3.3.1.** Запустить ППП *MathCAD*, создать в ее окне новый документ.

**3.3.2.** Выполнить символьные вычисления функции  $F_1$  (таблица 3.2), либо упростить заданное выражение  $F_2$  (таблица 3.3). Примеры символьных вычислений показаны на рис. 3.1 и 3.2, а пример символьных упрощений — на рис. 3.4.

Таблица 3.2 — Индивидуальные задания для символьных вычислений и упрощения выражения

| Вариант | $F_1$                                                                                                                                                                                                     |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | $\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{ax^2 + bxy + cy^2}{dx^2 + exy + fy^2}$                                                                                                                                 |
| 2       | $\int_0^{2\pi} \int_0^r \sqrt{1 + 4\rho^2} \cdot \rho d\rho d\theta, \text{ при } r = 2$                                                                                                                  |
| 3       | $\sum_{x=1}^{10} \frac{1}{x^2}$                                                                                                                                                                           |
| 4       | $\int \frac{1}{\sqrt{1 + x^2}} dx$                                                                                                                                                                        |
| 5       | $\int_0^{\infty} e^{-b \cdot t} dt$                                                                                                                                                                       |
| 6       | $\int_{-r-\sqrt{r^2-x^2}}^r \int_{-\sqrt{r^2-x^2}}^{\sqrt{r^2-x^2}} \sqrt{1 + \left(\frac{d}{dx} f(x, y)\right)^2 + \left(\frac{d}{dy} f(x, y)\right)^2} dy dx,$<br>при $f(x, y) = x^2 + y, r = \sqrt{2}$ |
| 7       | $\sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k \cdot x^{2k+1}}{7^{2k+1} \cdot (2k+1)!}$                                                                                                                                |
| 8       | $\int_0^3 \cos\left(\frac{x}{2}\right) dx$                                                                                                                                                                |
| 9       | $\int_2^3 \frac{dt}{\sqrt{2t^2 - 3t - 2}}$                                                                                                                                                                |
| 10      | $\int_0^{1/4} \frac{dx}{x^4 + 1}$                                                                                                                                                                         |

| Вариант | $F_1$                                                                                                                                    |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 11      | $\int_0^1 \frac{dt}{\sqrt{t^2+1}}$                                                                                                       |
| 12      | $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin x}{x}$                                                                                                |
| 13      | $\lim_{x \rightarrow 1} \frac{\operatorname{tg}(x-1)}{x-1}$                                                                              |
| 14      | $\lim_{x \rightarrow 2} \frac{x^3-8}{2x-4}$                                                                                              |
| 15      | $\lim_{x \rightarrow 4} \frac{\sqrt{x^2-7}-3}{x-4}$                                                                                      |
| 16      | $\int \frac{x+a}{x^2+b} dx$                                                                                                              |
| 17      | $\int_a^b \sin(x) dx$                                                                                                                    |
| 18      | $\left\{ \left[ \left( \frac{5}{x-1} - \frac{5}{x} \right) - \frac{5}{(x-1)^2} \right] + \frac{6}{(x-1)^3} \right\} - \frac{4}{(x-1)^4}$ |
| 19      | $\frac{d}{dx} \frac{d}{dx} \frac{d}{dx} \frac{1}{3x+2}$                                                                                  |
| 20      | $\int_0^1 \int_0^{\sqrt{1+x^2}} \frac{1}{x^2+y^2+1} dy dx$                                                                               |
| 21      | $\left( \frac{r+s}{s} + \frac{s}{r-s} \right) / \left( \frac{s}{r-s} \right)$                                                            |
| 22      | $\sum_{k=0}^3 \frac{3!}{k! \cdot 3-k!} \cdot x^k \cdot 2^{3-k}$                                                                          |
| 23      | $x^2 + 2 \frac{x^3}{x-1} - 2x$                                                                                                           |
| 24      | $\left( 1 + \frac{2}{3x-1} \right) \left( 1 - \frac{9x-9x^2}{3x+1} \right)$                                                              |
| 25      | $\frac{1}{b(abc+a+c)} - \frac{1}{a+(1/(b+1/c))} / \frac{1}{a+1/b}$                                                                       |
| 26      | $\frac{(ab^{-1}+a^{-1}b+1)(a^{-1}-b^{-1})^2}{a^2b^{-2}+a^{-2}b^2-(ab^{-1}+a^{-1}b)}$                                                     |

| Вариант | $F_1$                                                                                          |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 27      | $\frac{4x(x + \sqrt{x^2 - 1})^2}{(x + \sqrt{x^2 - 1})^4 - 1}$                                  |
| 28      | $\frac{\sqrt{(x+2)^2 - 8x}}{\sqrt{x} - 2/\sqrt{x}}$                                            |
| 29      | $\left(6a^2 + 5a - 1 + \frac{a+4}{a+1}\right) / \left(3a - 2 + \frac{3}{a-1}\right)$           |
| 30      | $\left(2 - x + 4x^2 + \frac{5x^2 - 6x + 3}{x-1}\right) / \left(2x + 1 + \frac{2x}{x-1}\right)$ |

**3.3.3.** Найти корни уравнения  $ax^4 + bx^3 + cx^2 + dx + e = 0$  при заданных значениях коэффициентов (таблица 3.4). Пример решения показан на рис. 3.3.

Таблица 3.4 — Индивидуальные задания для нахождения корней уравнения

| Вариант | $a$ | $b$ | $c$ | $d$ | $e$ | Вариант | $a$ | $b$ | $c$         | $d$ | $e$         |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|---------|-----|-----|-------------|-----|-------------|
| 1       | 1   | -6  | 2   | 0   | 1   | 16      | 0   | 8   | -20         | -10 | 33          |
| 2       | 2   | 0   | 2   | 0   | 1   | 17      | 0   | 3   | $2\sqrt{3}$ | -21 | $6\sqrt{3}$ |
| 3       | 3   | 2   | 3   | 6   | 12  | 18      | 0   | 8   | 4           | -34 | 15          |
| 4       | -1  | 0   | 3   | 6   | 0   | 19      | 0   | 64  | -24         | -6  | 1           |
| 5       | -2  | 2   | 3   | 0   | 0   | 20      | 1   | -6  | 7           | 6   | -2          |
| 6       | 0   | 0   | 1   | 2   | 1   | 21      | 1   | -4  | 3           | 8   | -10         |
| 7       | 4   | 0   | -64 | 0   | 128 | 22      | 0   | 12  | 4           | -17 | 6           |
| 8       | 0,5 | 1   | 2   | 0   | 0   | 23      | 0   | 2   | -5          | 6   | -2          |
| 9       | 0   | 0   | 5   | 2   | -12 | 24      | 0   | 6   | -3          | -2  | 1           |
| 10      | 1   | 9   | 31  | 59  | 60  | 25      | 1   | -1  | -22         | 16  | 96          |
| 11      | 1   | 2   | 4   | 2   | 4   | 26      | 0   | 1   | -7          | 12  | -10         |
| 12      | 0   | 1   | 3   | 6   | 1   | 27      | 0   | 1   | -10         | -2  | 20          |
| 13      | 1   | 0   | 2   | 1   | 1   | 28      | 0   | 1   | -2          | -3  | 10          |
| 14      | 2   | 4   | 0   | 0   | 8   | 29      | 0   | 10  | -3          | -2  | 1           |
| 15      | 2   | -6  | 0   | 0   | 8   | 30      | 0   | 27  | 9           | -48 | 20          |

**3.3.4.** Разложить на наибольшее число слагаемых выражение  $F_3(x)$  (таблица 3.5). Пример решения показан на рис. 3.4.

Таблица 3.5 — Индивидуальные задания для разложения выражения на наибольшее число слагаемых

| Вариант | $F_3(x)$  | Вариант | $F_3(x)$  | Вариант | $F_3(x)$          |
|---------|-----------|---------|-----------|---------|-------------------|
| 1       | $\sin 4x$ | 11      | $\cos 8x$ | 21      | $\cos 9x$         |
| 2       | $\sin 3x$ | 12      | $(a+x)^3$ | 22      | $\sin 9x$         |
| 3       | $\sin 6x$ | 13      | $(a+x)^4$ | 23      | $(a+x)^7$         |
| 4       | $\sin 7x$ | 14      | $(a+x)^5$ | 24      | $(a+x)^8$         |
| 5       | $\sin 8x$ | 15      | $(a+x)^6$ | 25      | $(a+x)^9$         |
| 6       | $\cos 3x$ | 16      | $\sin 5x$ | 26      | $(a-x)^7$         |
| 7       | $\cos 4x$ | 17      | $(a-x)^3$ | 27      | $(a-x)^8$         |
| 8       | $\cos 5x$ | 18      | $(a-x)^4$ | 28      | $(a-x)^9$         |
| 9       | $\cos 6x$ | 19      | $(a-x)^5$ | 29      | $(\sin 3x - x)^2$ |
| 10      | $\cos 7x$ | 20      | $(a-x)^6$ | 30      | $(\cos 3x + x)^2$ |

**3.3.5.** Разложить полином  $F_4(x)$  на множители (таблица 3.6). Пример решения показан на рис. 3.4.

Таблица 3.6 — Индивидуальные задания для разложения полинома на множители

| Вариант | $F_4(x)$                | Вариант | $F_4(x)$                     |
|---------|-------------------------|---------|------------------------------|
| 1       | $x^3 - 5x^2 - 4x + 20$  | 16      | $3x^3 + 18x^2 + 27x$         |
| 2       | $x^3 - 6x^2 + 12x - 8$  | 17      | $x^3 + 27$                   |
| 3       | $2x^2 - 3x + 1$         | 18      | $x^2 - 4$                    |
| 4       | $x^3 + 2x^2 - 9x - 18$  | 19      | $\sin^2(x) - \cos^2(x)$      |
| 5       | $x^4 - 64$              | 20      | $\sin^3(x) + \cos^3(x)$      |
| 6       | $x^3 - 8$               | 21      | $x^6 + 729$                  |
| 7       | $x^4 - 16$              | 22      | $x^4 - 8x$                   |
| 8       | $x^6 - 64$              | 23      | $x^3 - 9x$                   |
| 9       | $x^4 - 4x^3 + 4x^2$     | 24      | $6x^3 - 9x^2 + 3x$           |
| 10      | $x^3 - 64$              | 25      | $x^7 - 64x$                  |
| 11      | $3x^3 + 18x^2 + 27x$    | 26      | $2x^5 - 32x$                 |
| 12      | $x^3 + 27$              | 27      | $3x^4 - 48$                  |
| 13      | $x^2 - 4$               | 28      | $2x^3 - 12x^2 + 24x - 16$    |
| 14      | $\sin^2(x) - \cos^2(x)$ | 29      | $3x^4 - 15x^3 - 12x^2 + 60x$ |
| 15      | $\sin^3(x) + \cos^3(x)$ | 30      | $2x^4 - 8x^3 + 8x^2$         |



**3.3.6.** Разложить выражение  $F_5(x)$  в ряд Тейлора в окрестности точки  $x_0$  (таблица 3.7). Пример решения показан на рис. 3.3.

Таблица 3.7 — Индивидуальные задания для разложения выражения в ряд Тейлора

| Вариант | $F_5(x)$          | $x_0$   | Вариант | $F_5(x)$                       | $x_0$ |
|---------|-------------------|---------|---------|--------------------------------|-------|
| 1       | $\sin(x)/x$       | 0       | 16      | $1/(1+x)$                      | 1     |
| 2       | $\sin(x)/(x-1)$   | 0       | 17      | $\sin(x+3)/(x+3)$              | -3    |
| 3       | $\cos(x+2)/(x+2)$ | -2      | 18      | $\sin(x-1,5)/x$                | 0     |
| 4       | $e^x$             | 0       | 19      | $1/\sqrt{1+x}$                 | 1     |
| 5       | $\sin(x)/(x-1)$   | 1       | 20      | $e^{\sin(x-1)}$                | 1     |
| 6       | $e^{x-1}$         | 1       | 21      | $e^{\cos(x+1)}$                | -1    |
| 7       | $e^{-x} \sin(x)$  | 0       | 22      | $e^{x^2}$                      | 1     |
| 8       | $\cos(x)/x$       | 0       | 23      | $x/(e^x-1)$                    | 1     |
| 9       | $1/x$             | 1       | 24      | $1/(x-1)$                      | 0     |
| 10      | $1/x^2$           | 2       | 25      | $\sqrt{1+x}$                   | 0     |
| 11      | $1/\cos(x)$       | 0       | 26      | $e^{\arcsin x}$                | 0     |
| 12      | $1/(x-5)$         | 0       | 27      | $e^{\arccos x}$                | 0     |
| 13      | $1/\sin(3x-1)$    | 1/3     | 28      | $e^x(1+x)$                     | -1    |
| 14      | $1/\cos(x)$       | $\pi/2$ | 29      | $1/\sin(2x-1)$                 | 1/2   |
| 15      | $1/(x^3+2)$       | 0       | 30      | $\operatorname{tg}(x-1)/(x-1)$ | 1     |

**3.3.7.** Выполнить дифференцирование и интегрирование функции  $F_6(x)$  (таблица 3.8). Пример решения показан на рис. 3.4.

Таблица 3.8 — Индивидуальные задания для дифференцирования и интегрирования функции

| Вариант | $F_6(x)$           | Вариант | $F_6(x)$                   | Вариант | $F_6(x)$            |
|---------|--------------------|---------|----------------------------|---------|---------------------|
| 1       | $\sqrt{x+1}$       | 11      | $1/(x\sqrt{a^2+x^2})$      | 21      | $x^5/(x^2-b^2)^2$   |
| 2       | $\ln(x^3)$         | 12      | $\operatorname{arctg}(2x)$ | 22      | $ax^2+bx+c$         |
| 3       | $1/(ax+b)$         | 13      | $(ax+b)^n$                 | 23      | $\sin x \cos^2 x$   |
| 4       | $1/(ax^2+bx+c)$    | 14      | $x \cdot \arccos(x)$       | 24      | $\sin^2 x \cos x$   |
| 5       | $\sin(x)/(ax+b)$   | 15      | $1/\sqrt{ax^2+bx+c}$       | 25      | $\sin^2 x \cos^2 x$ |
| 6       | $\sqrt{ax^2+bx+c}$ | 16      | $x^2/(a+bx)^2$             | 26      | $\sin x \cos x$     |

| Вариант | $F_6(x)$             | Вариант | $F_6(x)$          | Вариант | $F_6(x)$                |
|---------|----------------------|---------|-------------------|---------|-------------------------|
| 7       | $1/\sqrt{a^2 - x^2}$ | 17      | $1/(x^2(a + bx))$ | 27      | $\sin^3 x \cos x$       |
| 8       | $x/(ax^2 + bx + c)$  | 18      | $1/(1 - x^2)$     | 28      | $\sin^3 x / \cos^3 x$   |
| 9       | $\arcsin(x)$         | 19      | $1/(a^2 - x^2)$   | 29      | $\cos x / (1 + \sin x)$ |
| 10      | $\cos(x)/(ax + b)$   | 20      | $1/(x^2 - b^2)^2$ | 30      | $\sin x / (1 - \cos x)$ |

**3.3.8.** Выполнить прямое преобразование Фурье для функций времени  $F_7(t)$  (таблица 3.9). Пример решения показан на рис. 3.3. В таблице 3.9 функция  $\Phi(t)$  — функция Хевисайда.

Таблица 3.9 — Индивидуальные задания для прямого преобразования Фурье

| Вариант | $F_7(x)$                      | Вариант | $F_7(x)$                                             |
|---------|-------------------------------|---------|------------------------------------------------------|
| 1       | $e^{-\tau t}$                 | 16      | $\Phi(t+1) - \Phi(t-1)/2$                            |
| 2       | $-\Phi(-t-c) + \Phi(-t+c)$    | 17      | $t \Phi(t+1) - t \Phi(t-1)$                          |
| 3       | $\Phi(t) + \Phi(t-1)$         | 18      | $t \Phi(t+1) - 2t \Phi(t-1)$                         |
| 4       | $e^{-\tau t} \sin t$          | 19      | $\Phi(t+3) + \Phi(t-2)$                              |
| 5       | $e^{-\tau t} \cos(t-2)$       | 20      | $e^{\tau(0,5-t)} \sin 2t$                            |
| 6       | $e^{-\tau(t+3)}$              | 21      | $e^{-t} \Phi(t+1) - e^{-0,5t} \Phi(t-1)$             |
| 7       | $\Phi(t+2) + \Phi(t-2)$       | 22      | $e^{-\tau \cos(3t-5)}$                               |
| 8       | $-\Phi(-t-1) + \Phi(t+1)$     | 23      | $3\Phi(t) - 3\Phi(t-5)$                              |
| 9       | $-t \Phi(t+1) + t \Phi(t-1)$  | 24      | $2\Phi(t-0,5) - \Phi(t-3)$                           |
| 10      | $e^{-\tau \cos(t-1)}$         | 25      | $e^{-(1-t)} \cos(t+2)$                               |
| 11      | $e^{-\tau(1-t)} \cos(t-1)$    | 26      | $\sin t / t$                                         |
| 12      | $0,5(\Phi(t+1) - \Phi(t-1))$  | 27      | $\cos(0,5t)/(0,5t)$                                  |
| 13      | $\Phi(2t+0,5) - \Phi(2t-0,5)$ | 28      | $t^2 \Phi(t+1) - t^2 \Phi(t-1)$                      |
| 14      | $e^{\tau(1-t)} \sin t$        | 29      | $\frac{\cos(0,5t)(\Phi(t+0,5) - \Phi(t-0,5))}{0,5t}$ |
| 15      | $\Phi(t) - \Phi(t-1)$         | 30      | $t^{0,5}(\Phi(t) - \Phi(t-1))$                       |

**3.3.9.** Выполнить обратное преобразование Фурье для функций частоты  $F_8(\omega)$  (таблица 3.10). Пример решения показан на рис. 3.3. В таблице 3.10 величина  $i$  — мнимая единица,  $\text{ch}(\omega)$  — гиперболический косинус,  $\text{sh}(\omega)$  — гиперболический синус.

Таблица 3.10 — Индивидуальные задания для обратного преобразования Фурье

| Вариант | $F_8(x)$                                                                     | Вариант | $F_8(x)$                                                    | Вариант | $F_8(x)$                                                                               |
|---------|------------------------------------------------------------------------------|---------|-------------------------------------------------------------|---------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | $\frac{\text{sh}(2\omega)}{2\omega}$                                         | 7       | $\frac{\text{ch } \omega}{2\omega}$                         | 13      | $\frac{\text{ch } 7\omega}{7\omega} + \frac{\text{ch}(-7\omega)}{7\omega}$             |
| 2       | $\frac{\sin i\omega}{i\omega} - \frac{\sin(-i\omega)}{i\omega}$              | 8       | $\frac{\text{sh } \omega}{0,3\omega}$                       | 14      | $\frac{\text{sh}(5i\omega)}{5i\omega} + \frac{\text{sh}(-5i\omega)}{-5i\omega}$        |
| 3       | $\sqrt{2\pi} e^{-2\omega^2}$                                                 | 9       | $i/(\omega + 0,4)$                                          | 15      | $\sin \omega / \omega$                                                                 |
| 4       | $\frac{\sin(\omega + 2)}{\omega - 3}$                                        | 10      | $\frac{\sin \omega}{\omega} - \frac{\sin(-\omega)}{\omega}$ | 16      | $\frac{\text{ch } 1,5i\omega}{1,5i\omega} + \frac{\text{ch}(-1,5i\omega)}{1,5i\omega}$ |
| 5       | $\frac{\text{sh}(i\omega)}{i\omega}$                                         | 11      | $\frac{\sin 3\omega}{3\omega}$                              | 17      | $\frac{-i}{\omega} e^{i\omega c} + \frac{i}{\omega} e^{-i\omega c}$                    |
| 6       | $\frac{\text{sh } \omega}{\omega} + \frac{\text{sh}(-\omega)}{-\omega}$      | 12      | $\sqrt{3\pi} e^{-3\omega^2}$                                | 18      | $\frac{\text{sh}(2i\omega)}{2\omega} + \frac{\text{sh}(-2i\omega)}{-2\omega}$          |
| 19      | $\frac{\text{ch } 3i\omega}{3\omega} + \frac{\text{ch}(-3i\omega)}{3\omega}$ | 23      | $\frac{\text{ch } 0,5\omega}{0,5\omega}$                    | 27      | $\frac{-i}{\omega} e^{2i\omega}$                                                       |
| 20      | $\frac{\text{sh}(1,5i\omega)}{1,5\omega}$                                    | 24      | $\frac{i}{\omega} e^{-2i\omega}$                            | 28      | $\frac{\text{ch}(i\omega)}{i\omega}$                                                   |
| 21      | $\frac{\text{sh}(3,5i\omega)}{3,5i\omega}$                                   | 25      | $\frac{\sin(\omega - 1)}{\omega - 1}$                       | 29      | $\frac{1}{\omega} e^{\pi\omega}$                                                       |
| 22      | $i/\omega$                                                                   | 26      | $\sin(i\omega)^2$                                           | 30      | $\cos(i\omega)^2$                                                                      |

**3.3.10.** Сохранить полученный документ на диске в папке, указанной преподавателем. Распечатать полученные результаты. Оформить отчет.

### 3.4. Требования к содержанию отчета

Отчет должен содержать:

- формулировку цели задания;
- постановку задачи и индивидуальные задания из таблиц 3.2 — 3.10, соответствующие варианту задания;
- описание основных элементов интерфейса программы и палитры Символьные операции (**Symbolic**);
- описание хода выполнения работы;
- копию рабочего окна с результатами расчета;
- выводы, в которых следует представить следующие сведения:
  - 1) описать возможности, достоинства и недостатки ядра символьных преобразований программы *MathCAD*;

- 2) изложить особенности проведения символьных расчетов и преобразований;
- 3) оценить удобство использования и форму представления результатов символьных преобразований.

### **3.5. Контрольные вопросы**

**3.5.1.** Для чего предназначено ядро символьной математики?

**3.5.2.** Опишите все способы проведения символьных вычислений и преобразований.

**3.5.3.** Каким образом осуществляются символьные преобразования?

**3.5.4.** Перечислите основные операции символьных преобразований доступные в ППП *MathCAD*.

**3.5.5.** Перечислите все возможные варианты выполнения символьных операций дифференцирования, интегрирования.

**3.5.6.** Перечислите все возможные варианты выполнения символьных операций прямого и обратного преобразований Фурье.

**3.5.7.** Перечислите все возможные варианты выполнения символьных операций прямого и обратного преобразований Лапласа, прямого и обратного Z-преобразований.

## 4. ЗАДАНИЕ № 4

### РЕШЕНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ УРАВНЕНИЙ И ИХ СИСТЕМ СРЕДСТВАМИ ПРОГРАММЫ *MATHCAD*

#### 4.1. Цель задания

Целью задания является изучение методов решения нелинейных уравнений и их систем в ППП *MathCAD*.

#### 4.2. Теоретическая часть

ППП *MathCAD* позволяет выполнять поиск решений линейных и нелинейных уравнений, а также систем уравнений. Решения линейных уравнений и систем уравнений определяются обычно довольно простыми и достаточно точными методами, в то время как нелинейные уравнения и системы нелинейных уравнений имеют лишь приближенные решения.

##### 4.2.1. Поиск корней нелинейного уравнения с помощью функции *Root*

Для решения трансцендентных нелинейных уравнений, а также для систем нелинейных дифференциальных уравнений, которые не могут быть решены аналитически, ППП *MathCAD* содержит встроенные функции, вычисляющие корни многочленов численными методами с заданной погрешностью. Погрешность вычислений задается системной переменной **TOL**, которая может быть настроена с помощью команд в меню **Инструменты** → **Параметры документа** → **Встроенные переменные** (**Tools** → **Worksheet Options** → **Built-In Variables**). Для простейших уравнений вида  $F(x) = 0$  решение находится с помощью функции

**root(выражение, имя переменной),**

где **выражение** — заданная функция  $F(x)$ ; **имя переменной** — переменная заданной функции.

Функция **root** решает единственное уравнение с единственным неизвестным и заданным начальным приближенным значением неизвестного. Функция реализует вычисления итерационным методом, причем можно задать начальное значение неизвестной переменной. Это особенно удобно, если уравнение может иметь несколько решений. Возможные структуры вычислительных документов использующих функцию **root** показаны на рис. 4.1, на котором отображено нахождение корней нелинейного уравнения  $\cos(x) = x + 0,2$  и на рис. 4.2, на котором показано определение корней кубического уравнения  $x^3 - 6x^2 + 21x - 52 = 0$ .

Заданное уравнение  $\cos(x) = x + 0.2$  преобразуем к виду  $\cos(x) - x - 0.2 = 0$

Записываем предполагаемое решение:  $x := 1$

Для решения уравнения записываем функцию **root**:  $\text{root}(\cos(x) - x - 0.2, x) = 0.616$

Рис. 4.1 — Последовательность действий для нахождения корня нелинейного уравнения

Вводим функцию многочлена:  $F(x) := x^3 - 6 \cdot x^2 + 21 \cdot x - 52$

1) Вычисление действительного корня

Записываем предполагаемое решение:  $x := 1$

Для решения уравнения записываем функцию **root**:  $x1 := \text{root}(F(x), x)$

Получаем действительный корень:  $x1 = 4$

2) Вычисление других, возможно комплексных корней

Записываем предполагаемое решение:  $x := 1 + i$

Для нахождения второго корня записываем функцию **root**:  $x2 := \text{root}\left(\frac{F(x)}{x - x1}, x\right)$

Получаем комплексный корень:  $x2 = 1 + 3.464i$

Для поиска второго корня  $x2$ , первый исключается делением многочлена  $F(x)$  на  $(x - x1)$ , что и было сделано. Для нахождения третьего корня  $x3$ , функция  $F(x)$  делится еще и на  $(x - x2)$ . Итак, определим третий корень.

Для нахождения третьего корня записываем функцию **root**:  $x3 := \text{root}\left[\frac{F(x)}{(x - x1) \cdot (x - x2)}, x\right]$

Получаем третий корень:  $x3 = 1 - 3.464i$

Рис. 4.2 — Последовательность действий для нахождения корней кубического уравнения

Функцию **root** можно также использовать и в составе функции пользователя, что нередко позволяет получать довольно простые решения для нетривиальных задач, а также задавать диапазон, в котором находится решение [2].

#### 4.2.2. Поиск корней многочлена с помощью функции *Polyroots*

Как видно из рис. 4.2, применение функции **root** не всегда удобно и не всегда оправдано, поэтому для вычисления корней многочлена в ППП *MathCAD* содержится функция

***polyroots(V)***,

где  $V$  — вектор (матрица–столбец), заполненный коэффициентами многочлена.

Данная функция возвращает вектор корней многочлена степени  $n$ , коэффициенты которого находятся в векторе  $V$ , имеющем длину, равную  $n + 1$ . Пример определения корней уравнения  $x^3 - 6x^2 + 21x - 52 = 0$  показан на рис. 4.3.

Для многочлена  $x^3 - 6x^2 + 21x - 52 = 0$  заполним матрицу коэффициентов  $V$ .

Далее используем функцию **polyroots** для нахождения корней уравнения:

$$V := \begin{pmatrix} -52 \\ 21 \\ -6 \\ 1 \end{pmatrix} \quad S := \text{polyroots}(V) \quad S = \begin{pmatrix} 1 + 3.464i \\ 1 - 3.464i \\ 4 \end{pmatrix}$$

Рис. 4.3 — Последовательность действий для нахождения корней уравнения

#### 4.2.3. Решение систем нелинейных уравнений

При решении системы нелинейных уравнений в программе *MathCAD* используется специальный вычислительный блок, открываемый служебным словом-директивой **Given** и имеющий следующую структуру

**Given**

Уравнения

Ограничительные условия

Выражения с функциями **Find** и **Minerr**

Ограничительные условия задаются с помощью операторов — знаков отношения величин: больше, больше или равно, меньше, меньше или равно, равно, неравно. Все символы операторов сравнения можно выбрать из палитры символов (см. рис. 1.1) или набрать с помощью специальных комбинаций клавиш клавиатуры ПК.

В блоке используется только одна из двух функций:

- **Find**( $v_1, v_2, \dots, v_n$ ) — возвращает значение одной или ряда переменных для точного решения системы уравнений;
- **Minerr**( $v_1, v_2, \dots, v_n$ ) — возвращает значение одной или ряда переменных для приближенного решения.

Первая функция используется, когда решение реально существует (хотя и не является аналитическим). Вторая функция пытается найти максимальное приближение даже к несуществующему решению путем минимизации среднеквадратичной погрешности решения.

На рис. 4.4 показан пример решения системы нелинейных уравнений:

$$\begin{cases} x^2 + y^2 = 6; \\ x + y = 2, \end{cases}$$

и нелинейного уравнения  $x^2 = 3$ .

|                                                                     |             |                                                                                                                                      |
|---------------------------------------------------------------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $x := 1$                                                            | $y := 1$    | Ввод приближенных значений корней системы                                                                                            |
| Given                                                               |             |                                                                                                                                      |
| $x^2 + y^2 = 6$                                                     | $x + y = 2$ | Запись системы нелинейных уравнений. Знак равенства вводится либо с палитры <b>Boolean</b> , либо комбинацией клавиш <b>Ctrl + =</b> |
| $\text{Find}(x, y) = \begin{pmatrix} 2.414 \\ -0.414 \end{pmatrix}$ |             | Вывод значений корней системы уравнений                                                                                              |
| $x := 10$                                                           |             | Ввод приближенного значения корня                                                                                                    |
| Given                                                               |             |                                                                                                                                      |
| $x^2 = 3$                                                           |             | Запись нелинейного уравнения                                                                                                         |
| $x0 := \text{MinErr}(x)$                                            |             | Вычисление корня уравнения                                                                                                           |
| $x0 = 1.732$                                                        |             | Вывод значения корня нелинейного уравнения                                                                                           |

Рис. 4.4 — Последовательность действий для определения корней системы нелинейных уравнений

Если система уравнений имеет нескольких решений, то будет получено только одно из них, ближайшее к введенному значению приближенного решения. Для определения всех решений системы необходимо вводить ограничения. На рис. 4.5 показан пример определения координат точек пересечения параболы  $y = x^2$  и прямой  $y = 3x + 8$ . Графики на указанном рисунке показывают, что прямая и парабола имеют две точки пересечения. Первое пересечение — около  $x \approx -2$ , а второе — около точки  $x \approx 5$ . Для определения первого решения системы используются нулевые начальные значения, а для определения второго решения вводятся ограничения.



Построим графики заданных функций:

$$x := -6, -5.75.. 6$$

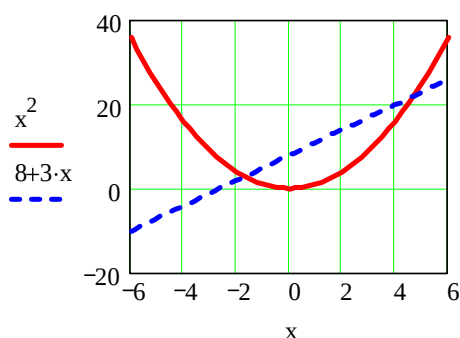


График показывает, что прямая и парабола имеют две точки пересечения

Ищем решения при нулевых начальных значениях:

$$x := 0 \quad y := 0$$

Given

$$y = x^2 \quad y = 8 + 3 \cdot x$$

$$\begin{pmatrix} x1 \\ y1 \end{pmatrix} := \text{Find}(x, y) \quad \text{Первое решение: } \begin{pmatrix} x1 \\ y1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1.702 \\ 2.895 \end{pmatrix}$$

Найдем второе решение (подобно первому, но задав ограничение  $x > 0$ ):

$$x := 3 \quad y := 0$$

Given

$$y = x^2 \quad y = 8 + 3 \cdot x \quad x > 0$$

$$\begin{pmatrix} x2 \\ y2 \end{pmatrix} := \text{Find}(x, y) \quad \text{Второе решение: } \begin{pmatrix} x2 \\ y2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 4.702 \\ 22.105 \end{pmatrix}$$

Рис. 4.5 — Последовательность действий для определения нескольких решений системы нелинейных уравнений

При записи систем нелинейных уравнений в символьном виде, решения также могут быть найдены в символьном виде.

### 4.3. Порядок выполнения задания

Вариант задания выдается преподавателем. Перед выполнением задания необходимо ознакомиться с подразделами 4.1 и 4.2 данного пособия, а затем выполнить требуемые действия в рабочем окне ППП *MathCAD*. Исходные данные для выполнения индивидуального задания приведены в таблицах 4.1 — 4.3. Примеры решения заданий показаны на рис. 4.1 — 4.5.

**3.3.1.** Запустить ППП *MathCAD*, создать в ее окне новый документ.

**4.3.2.** Найти корни нелинейного уравнения  $F_1(x) = 0$  с помощью функции **root** (таблица 4.1). Чтобы указать предполагаемые значения кор-

ней, предварительно постройте графики функций и определите координаты их точки пересечения с осью абсцисс. Пример показан на рис. 4.1.

Таблица 4.1 — Индивидуальные задания для определения корней нелинейного уравнения

| Вариант | $F_1(x)$                      | Вариант | $F_1(x)$                           |
|---------|-------------------------------|---------|------------------------------------|
| 1       | $e^{\sin x} + 0,5x = 0$       | 16      | $e^{\cos x} - 2x = 0$              |
| 2       | $\sqrt{2 - x^2} = 0$          | 17      | $e^{\cos 1,5x - x} - \sqrt{x} = 0$ |
| 3       | $e^x + x = 0$                 | 18      | $e^{x-1} - 1 = 0$                  |
| 4       | $e^x + \sin x = 0$            | 19      | $e^{x - \sin x} - 2 = 0$           |
| 5       | $\cos x + e^{\cos x} = 0$     | 20      | $e^{\cos 2x + x} - 3 = 0$          |
| 6       | $e^{\sin 0,5x + x} - 2,5 = 0$ | 21      | $e^x - x^3 = 0$                    |
| 7       | $e^{1-x^2} - \sin x = 0$      | 22      | $e^{x - \cos x} - 2 = 0$           |
| 8       | $\sin x + e^{\cos x} = 0$     | 23      | $e^{0,3x} - \sqrt{3x} = 0$         |
| 9       | $e^{\cos x} - x^2 = 0$        | 24      | $e^{\cos 1,5x - x} - 1,5x = 0$     |
| 10      | $\cos x + e^{\sin x} = 0$     | 25      | $e^{0,5 \sin x} - x = 0$           |
| 11      | $\sqrt{3 - x^2} = 0$          | 26      | $e^x - \sqrt{7x} = 0$              |
| 12      | $\sin x + e^{\sin x} = 0$     | 27      | $e^{\sin 0,5x + x} - 4,5x = 0$     |
| 13      | $e^{2x} - e^x = 0$            | 28      | $\sqrt{4x} - e^{0,2x} = 0$         |
| 14      | $\sqrt{x^3 - 3} = 0$          | 29      | $e^{-x} + \sin 0,5x = 0$           |
| 15      | $e^x - 3x = 0$                | 30      | $e^{\cos x} - x = 0$               |

**4.3.3.** Найти корни заданных многочленов  $F_2(x) = 0$  (таблица 4.2), вначале используя функцию **root** (см. рис. 4.2), а затем — **polyroots** (см. рис. 4.3). Сравнить результаты, полученные при определении корней двумя различными операторами. Чтобы указать предполагаемые значения корней многочленов, предварительно постройте их графики и определите точки пересечения графиков с осью абсцисс.

Таблица 4.2 — Индивидуальные задания для определения корней многочлена

| Вариант | $F_2(x)$                                    | Вариант | $F_2(x)$                           |
|---------|---------------------------------------------|---------|------------------------------------|
| 1       | $x^3 - 10x + 2 = 0$                         | 16      | $6x^3 - 3x^2 - 2x + 1 = 0$         |
| 2       | $x^3 + (3 + 2i)x^2 + (6i - 4)x - 8i = 0$    | 17      | $x^3 - 6x^2 - 39x - 10 = 0$        |
| 3       | $x^4 - 3x^3 + 17,2x^2 - 3x + 60,5 = 0$      | 18      | $x^3 + x^2 - 20x - 50 = 0$         |
| 4       | $x^4 - 3x^3 + 8x^2 - 21x + 7 = 0$           | 19      | $x^3 - 7x^2 + 12x - 10 = 0$        |
| 5       | $8x^4 + x^3 + 64x + 8 = 0$                  | 20      | $x^3 - 10x^2 - 2x + 20 = 0$        |
| 6       | $8x^3 - 20x^2 - 10x + 33 = 0$               | 21      | $x^4 - x^3 - 22x^2 + 16x + 96 = 0$ |
| 7       | $8x^3 + 4x^2 - 34x + 15 = 0$                | 22      | $x^3 - 2x^2 - 3x + 10 = 0$         |
| 8       | $64x^3 - 24x^2 - 6x + 1 = 0$                | 23      | $10x^3 - 3x^2 - 2x + 1 = 0$        |
| 9       | $3x^3 + 2\sqrt{3}x^2 - 21x + 6\sqrt{3} = 0$ | 24      | $27x^3 + 9x^2 - 48x + 20 = 0$      |
| 10      | $x^4 - 6x^3 + 7x^2 + 6x - 2 = 0$            | 25      | $4x^4 - 16x^3 + 3x^2 + 4x - 1 = 0$ |
| 11      | $x^3 - 3\sqrt{2}x^2 + 7x - 3\sqrt{2} = 0$   | 26      | $x^4 + 5x^3 + 15x - 9 = 0$         |
| 12      | $2x^5 - x^4 - 2x^3 + x^2 - 4x + 2 = 0$      | 27      | $x^4 - x^3 - 7x^2 + x + 6 = 0$     |
| 13      | $x^4 - 4x^3 + 3x^2 + 8x - 10 = 0$           | 28      | $x^4 - 3x^3 - 3x^2 + 11x - 6 = 0$  |
| 14      | $12x^3 + 4x^2 - 17x + 6 = 0$                | 29      | $x^4 - 3x^3 - 2x^2 + 12x - 8 = 0$  |
| 15      | $2x^3 - 5x^2 + 6x - 2 = 0$                  | 30      | $x^4 + 5x^3 + 2x^2 - 20x - 24 = 0$ |

**4.3.4.** Решить систему нелинейных уравнений, приведенную в таблице 4.3, в соответствии с вариантом задания. Примеры решения изображены на рис. 4.4 и 4.5.

Таблица 4.3 — Индивидуальные задания для решения системы уравнений

| Вариант | Система уравнений                                                       | Вариант | Система уравнений                                                             |
|---------|-------------------------------------------------------------------------|---------|-------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | $\begin{cases} y = 12x - 7; \\ y = 0,5x^3 - 3x^2 + 2x - 1. \end{cases}$ | 16      | $\begin{cases} 4/(x+y) + 4/(x-y) = 3; \\ (x+y)^2 + (x-y)^2 = 20. \end{cases}$ |
| 2       | $\begin{cases} x^2 + y = y^2 + x; \\ y^2 + x = 6. \end{cases}$          | 17      | $\begin{cases} xy(x+1)(y+1) = 72; \\ (x-1)(y-1) = 2. \end{cases}$             |

| Вариант | Система уравнений                                                                                  | Вариант | Система уравнений                                                                                         |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3       | $\begin{cases} 2x + y = 5 - 2z^2; \\ y^3 + 4z = 4; \\ xy + z = e^z. \end{cases}$                   | 18      | $\begin{cases} x + yz = 2; \\ y + zx = 2; \\ z + xy = 2. \end{cases}$                                     |
| 4       | $\begin{cases} y = -x^2; \\ y = 3x^2 - 8. \end{cases}$                                             | 19      | $\begin{cases} x^6 + y^6 = 65; \\ x^4 - x^2y^2 + y^4 = 13. \end{cases}$                                   |
| 5       | $\begin{cases} 2x + y = 5 - 2z^2; \\ y^3 + 4z = 4; \\ xy + z = e^z. \end{cases}$                   | 20      | $\begin{cases} x + yz = 2; \\ y + zx = 2; \\ z + xy = 2. \end{cases}$                                     |
| 6       | $\begin{cases} x^3 + y^3 = 19; \\ x^2y + xy^2 = -6. \end{cases}$                                   | 21      | $\begin{cases} x + y + xy = 7; \\ x^2 + y^2 + xy = 13. \end{cases}$                                       |
| 7       | $\begin{cases} x^2 + y - 20 = 0; \\ x + y^2 - 20 = 0. \end{cases}$                                 | 22      | $\begin{cases} (x + y)(y + 1) = 10; \\ (x + y)(xy + 1) = 25. \end{cases}$                                 |
| 8       | $\begin{cases} x^3 + 3xy^2 = 158; \\ 3x^2y + y^3 = -185. \end{cases}$                              | 23      | $\begin{cases} x + \sqrt{y} - 56 = 0; \\ \sqrt{x} + y - 56 = 0. \end{cases}$                              |
| 9       | $\begin{cases} x\sqrt{y} + y\sqrt{x} = 30; \\ x\sqrt{x} + y\sqrt{y} = 35. \end{cases}$             | 24      | $\begin{cases} x^2 + y^2 = 34; \\ x + y + xy = 23. \end{cases}$                                           |
| 10      | $\begin{cases} 2x^2 - 3xy + y^2 = 3; \\ x^2 + 2xy - 2y^2 = 6. \end{cases}$                         | 25      | $\begin{cases} x^2 + y^2 - 2x + 3y - 9 = 0; \\ 2x^2 + 2y^2 + x - 5y - 1 = 0. \end{cases}$                 |
| 11      | $\begin{cases} x + y + z = 2; \\ 2x + 3y + z = 1; \\ x^2 + (y + 2)^2 + (z - 1)^2 = 9. \end{cases}$ | 26      | $\begin{cases} x + y + z = 0; \\ 2x + 3y + z = 0; \\ (x + 1)^2 + (y + 2)^2 + (z + 3)^2 = 14; \end{cases}$ |
| 12      | $\begin{cases} \sqrt{x} + \sqrt{y} = 3; \\ \sqrt{x + 5} + \sqrt{y + 3} = 5. \end{cases}$           | 27      | $\begin{cases} x^2 + y^4 = 20; \\ x^4 + y^2 = 20. \end{cases}$                                            |
| 13      | $\begin{cases} x^2 + 2y^2 = 17; \\ x^2 - 2xy = -3. \end{cases}$                                    | 28      | $\begin{cases} (x - y)(x^2 + y^2) = 5; \\ (x + y)(x^2 - y^2) = 9. \end{cases}$                            |

| Вариант | Система уравнений                                                            | Вариант | Система уравнений                                                                                                                    |
|---------|------------------------------------------------------------------------------|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 14      | $\begin{cases} x + y + z = 6; \\ x(y + z) = 5; \\ y(x + z) = 8. \end{cases}$ | 29      | $\begin{cases} \sqrt{x + y} + \sqrt{y + z} = 3; \\ \sqrt{y + z} + \sqrt{z + x} = 5; \\ \sqrt{z + x} + \sqrt{x + y} = 4. \end{cases}$ |
| 15      | $\begin{cases} x^4 + y^4 = 17; \\ x^2 + y^2 = 5. \end{cases}$                | 30      | $\begin{cases} \sqrt{x + y} + \sqrt{2x + y + 2} = 7; \\ 3x + 2y = 23. \end{cases}$                                                   |

**4.3.5.** Сохранить полученный документ на диске в папке, указанной преподавателем. Оформить отчет.

#### 4.4. Требования к содержанию отчета

Отчет должен содержать:

- формулировку цели задания;
- постановку задачи и индивидуальные задания из таблиц 4.1 — 3.3, соответствующие варианту задания;
- описание основные методы решения нелинейных уравнений и систем уравнений;
- описание хода выполнения работы. Перечислить используемые элементы интерфейса программы;
- копию рабочего окна с результатами расчета;
- выводы, в которых следует представить следующие сведения:
  - 1) описать имеющиеся возможности по нахождению корней нелинейных уравнений и решения систем в ППП *MathCAD*;
  - 2) изложить особенности нахождения корней нелинейных уравнений;
  - 3) изложить особенности решения систем нелинейных уравнений;
  - 4) сделать выводы по сравнению результатов определения корней многочленов двумя способами;
  - 5) привести достоинства и недостатки программы, выявленные при нахождении корней уравнений и систем.

#### 4.5. Контрольные вопросы

**4.5.1.** Поясните все методы нахождения корней нелинейных уравнений в программе *MathCAD*.

**4.5.2.** Опишите все методы решения систем нелинейных уравнений в программе.

4.5.3. Каким образом осуществляется изменение погрешности вычислений в программе *MathCAD*?

4.5.4. Каковы отличия функций **Root** и **Polyroots**?

4.5.5. Чем отличаются решения систем уравнений с помощью функций **Find** и **Minerr**?

4.5.6. Для чего используется директива **Given**? Опишите её структуру.

4.5.7. Как влияет выбор приближенных значений корней уравнений и систем уравнений на результаты вычислений?

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Оформление текстовых работ : учебно-методическое пособие по оформлению текстовых работ преподавателей и обучающихся всех форм обучения по всем направлениям и специальностям кафедры «Радиоэлектроника и телекоммуникации» / сост. В. Г. Слёзкин ; Министерство науки и высшего образования РФ, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», Институт радиоэлектроники и информационной безопасности. – Севастополь : СевГУ, 2020. – 26 с. – URL: <https://lib.sevsu.ru/xmlui/handle/123456789/9191> (дата обращения: 10.12.2024). — Режим доступа: Библиотека СевГУ : [сайт], раздел «Репозиторий eSevSUIR»/ — Текст : электронный.
2. Воскобойников, Ю. Е. Основы вычислений и программирования в пакете MathCAD PRIME / Ю. Е. Воскобойников, А. Ф. Задорожный. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 224 с. — URL: <https://e.lanbook.com/book/327599> (дата обращения: 10.12.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей. — ISBN 978-5-507-47815-6. — Текст : электронный.
3. Охорзин, В. А. Прикладная математика в системе MATHCAD : учебное пособие / В. А. Охорзин. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 352 с. — URL: <https://e.lanbook.com/book/210332> (дата обращения: 10.12.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей. — ISBN 978-5-8114-0814-6. — Текст : электронный.
4. Руководство пользователя *MathCAD* / Корпорация «ParametricTechnologyCorporation». — Нидем (США) : PTC, 2011. — 190 с. — Текст : непосредственный.
5. Трошина, Г. В. Решение задач вычислительной математики с использованием языка программирования пакета MathCad / Г. В. Трошина. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет (НГТУ), 2009. — 86 с.

**Приложение А**  
**ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА ОТЧЕТА**  
**ПО КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»  
Институт радиоэлектроники и интеллектуальных технических систем  
Кафедра «Радиоэлектроника и телекоммуникации»

**ОТЧЕТ**  
по контрольной работе  
«Основы работы в инженерно-математической программе *MathCAD*»  
по дисциплине  
«Информационные технологии и программирование»

Выполнил: студент гр. СЭР/б-ХХ-Х-о  
Фамилия И.О.  
Вариант № 15  
Защитил с оценкой: \_\_\_\_\_

Принял: доцент каф. РТ  
Дурманов М.А.

Севастополь  
20XX